Bot
K

LEHRBUCH

DER

BOTANIK FÜR MEDIZINER

VON

DR. ERNST KÜSTER

ORD. PROFESSOR DER BOTANIK AN DER UNIVERSITÄT BONN

MIT EINEM VORWORT

VON

DR. PAUL KRAUSE

GEH. MEDIZINALRAT, O. Ö. PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT BONN

MIT 280 SCHWARZEN UND FARBIGEN ABBILDUNGEN IM TEXT

170889
1/5/22

LEIPZIG

VERLAG VON F. C. W. VOGEL

1920

Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht in alle Sprachen, auch ins Russische und Ungarische, vorbehalten.
Copyright 1920 by F. C. W. Vogel, Leipzig.

Druck von J. B. Hirschfeld (A. Pries) in Leipzig.

Vorwort.

Als im Jahre 1912 die Verlagsbuchhandlung F. C. W. Vogel in Leipzig mich einlud, ein Lehrbuch der Botanik zu verfassen, war der Gedanke an eine Arbeit dieser Art mir schon nicht mehr fremd. Der Umfang der bereits vorliegenden Vorarbeiten ermutigte mich, der Anregung des Herrn Verlegers näherzutreten.

In der botanischen Literatur liegen bereits so viele wertvolle Lehrbücher vor, daß jedes Bemühen, die stattliche Schar mit einem neuen zu bereichern, einer besonderen Rechtfertigung bedarf. Ich finde diese für das vorliegende Werk darin, daß mit ihm zum ersten Male der Versuch gemacht wird, ein für Mediziner bestimmtes Lehrbuch, d. h. ein den besonderen Interessen des Arztes dienendes Lehrmittel zu schaffen.

Dieser Versuch fällt freilich in eine Zeit, in der von vielen Seiten die Botanik eine für den Mediziner wenig fruchtbare Disziplin genannt und die Ausmerzung oder Beschränkung des botanischen Unterrichts empfohlen wird.

Die Berechtigung dieses Urteils und dieses Rates gilt andern freilich noch nicht für erwiesen; denn mit den Zeiten, „wo die Ärzte noch selbst Arzneipflanzen mit der ‚Botanisiertrommel' sammelten und vorwiegend ihre Dekokte selbst herstellten", sind die Beziehungen des Ärzteberufs zur Botanik keineswegs geschwunden, und die Folgerung, daß eine gründliche Unterweisung in Botanik sich für den Mediziner erübrige, seitdem zuverlässige Fabriken ihm die Herstellung der Galenica abnehmen, wird der Vielseitigkeit jener Beziehungen wohl nicht gerecht. Nach wie vor und für alle Zeiten haben diese nach Meinung des Verfassers einen doppelten Charakter: im botanischen Unterricht wird dem jungen Biologen, der später am kompliziertesten aller Organismen sein Wissen erproben soll, die Kenntnis von Lebewesen vermittelt, die durch die Einfachheit ihrer Organisation viele Fragen klarer zu erläutern gestatten als die tierischen. Die Physiologie der letzteren arbeitet vielfach mit Begriffen und verwertet Erfahrungen, die an vegetabilischem Material gewonnen worden sind. An seiner Kenntnis darf der Mediziner nicht vorübergehen, solange physiologisches Wissen noch etwas gilt.

Zweitens hat der botanische Unterricht den künftigen Arzt mit den wichtigsten Vertretern des Pflanzenreichs bekanntzumachen und ihm wenigstens ein bescheidenes Maß von Formkenntnissen zu vermitteln. Zunächst verdienen die einheimischen Drogenpflanzen, die giftigen Arten und die in der Volksmedizin gebräuchlichen Gewächse seine Aufmerksamkeit. Es wäre kein erfreulicher Zustand, wenn z. B. die Namen wichtiger Heilpflanzen beim Kliniker nur die Vorstellung fertig gelieferter Tinkturen und Tabletten auslösten. Vor allem aber macht die unvergleichlich wichtige und mannigfaltige Bedeutung der Pflanzenwelt für Lebensmittelgewerbe und Diätetik die Bedeutung der Botanik für den Mediziner klar. Wenn

wirklich — wie Schwalbe meint — der naturwissenschaftliche Unterricht von den Studierenden der Medizin als „dürre Heide" empfunden wird, so kann, was die Botanik betrifft, der Grund wohl nicht in der Ärmlichkeit der Gaben liegen, mit welchen diese Wissenschaft den angehenden Arzt für seinen Beruf ausstatten hilft, sondern nur an der Auswahl dessen, was er üblicherweise von ihr zu hören bekommt. —

Bei der Diskussion über die Reform des Ärztestudiums und insbesondere des botanischen Unterrichts, ist gegen seine Erteilung durch den Fachbotaniker und gegen die Zahl der ihm gewidmeten Stunden gesprochen worden.

Die erste Frage steht zu der nach den Aufgaben, die ein für Mediziner berechnetes Lehrbuch der Botanik zu erfüllen hat, nur in losem Zusammenhang. Ich glaube nur kurz darauf hinweisen zu sollen, daß eine Erteilung des botanischen Unterrichts durch den Tierphysiologen oder Pharmakologen den Hörer nötigen würde aus zweiter Hand zu schöpfen — was weder seinem Interesse dienen, noch den Grundsätzen des Universitätslehrbetriebes entsprechen möchte. Überdies stünde zu befürchten, daß der botanische Unterricht hierbei die Vielseitigkeit verlieren könnte, die gerade der Mediziner von ihm zu fordern alle Veranlassung hat.

Eingehende Prüfung verdient unter allen Umständen die Frage nach der Gestaltung des botanischen Unterrichts. Ob bei solcher Prüfung die in den botanischen Hauptvorlesungen übliche Stoffauswahl als die für den Mediziner geeignetste bestehen würde, ist zweifelhaft, ja sogar unwahrscheinlich — da jene Vorlesungen zugleich mit den Medizinern auch Lehramtskandidaten, Apotheker und Landwirte mit botanischem Wissen auszurüsten und den recht ungleichartigen Interessekreisen aller jener Kategorien zu dienen haben. Sollte die Häufung der klinischen Anforderungen und die wirtschaftliche Lage unseren Studierenden jemals eine Änderung ihres Lehrplans notwendig machen, so dürfte zwar die Botanik keinesfalls von diesem verschwinden; doch würde eine Beschränkung der ihr gewidmeten Stunden und eine Reform der Stoffauswahl durchführbar und erstrebenswert sein — letztere namentlich dann, wenn einmal die Pharmakologie ihre bisherige Stellung im Unterrichtsbetrieb verlieren sollte. Bei jener Reform wäre vor allem dem Umstand Rechnung zu tragen, daß in den üblichen Vorlesungen von der „reinen" Botanik dem Mediziner zu viel, von der „angewandten" zu wenig gebracht wird — gerade in dieser liegt aber ein Stoffgebiet, dessen Tatsachenmaterial für den Kliniker allergrößte Bedeutung hat.

Mit vorliegenden Erwägungen möchte der Verfasser die von ihm getroffene Stoffauswahl rechtfertigen: die reine Botanik ist in seinem Lehrbuch erheblich kürzer, die angewandte ausführlicher behandelt worden als in anderen. Die Auswahl im einzelnen brachte eine Fülle von Schwierigkeiten und Bedenken, die in allseits befriedigender Weise zu bewältigen vielleicht der einer späteren Auflage gewidmeten Arbeit gelingen wird.

Die Morphologie oder die Lehre von den Organformen der Pflanzen ist als Grundlage für die Kenntnis der Pflanzenwelt eingehend behandelt worden. Auch die Zellenlehre habe ich ausführlich dargestellt, da die Beschäftigung mit der Pflanzenzelle in vielen Beziehungen eine unerläßliche Vorarbeit zum Studium der tierischen bedeutet; die Gewebelehre glaubte ich auf wenige Seiten beschränken zu dürfen. Die Physiologie wird namentlich auf diejenigen Kapitel eingehen, die einen Vergleich zwischen Tier- und

Pflanzenleben nahelegen. Hier wie anderwärts habe ich alle Hinweise auf zoologische oder tierphysiologische Einzelheiten auf ihre kürzeste Form gebracht. In der Pflanzenchemie tritt die angewandte Botanik in den Vordergrund, desgleichen in dem über Pflanzenpathologie berichtenden Abschnitt, der überdies zu dem theoretisch wertvollen Vergleich zwischen Tier- und Pflanzenkrankheiten anregen soll. Ganz vorzugsweise der angewandten Botanik gewidmet bleibt die Übersicht über das System der Pflanzen im zweiten Teil des Buches. Mein Bestreben ging dahin, mit diesem eine kompendiöse Behandlung derjenigen Pflanzen zu geben, die für den Kliniker in irgendwelchem Sinne wichtig sind, und über die er durch Nachschlagen in einem botanischen Werk sich näher zu informieren das Bedürfnis haben könnte. Um den Umfang des Buches bescheiden zu halten, glaubte ich mich auf die wichtigsten Arten beschränken und einer möglichst knappen Ausdrucksweise bedienen zu sollen; die pharmakologische Bedeutung der behandelten Gewächse habe ich mit größter Kürze in Erinnerung gerufen. Die Hinweise auf die Geschichte der Pharmakognosie und Toxikologie hätte ich — zur Belebung der Darstellung — gern vermehrt, glaubte aber auch hiervon wie von der Ausstattung mit biologischen und ökologischen Details absehen zu sollen.

Eine Vorlesung zu halten, die der Stoffgruppierung des vorliegenden Buches entspräche, habe ich nie Gelegenheit gehabt. Gleichwohl verdanke ich der Lehrtätigkeit ebenso die Anregung zu ihm wie die Formulierung des Inhalts vieler Kapitel. Die der systematischen und angewandten Botanik gewidmeten Abschnitte wiederholen im Auszug das, was ich an den Universitäten Kiel und Bonn in den Vorlesungen über medizinisch-pharmazeutische Botanik, Pharmakognosie und pflanzliche Nahrungs- und Genußmittel meinen Hörern vorgetragen habe. Überdies hat die Beschäftigung mit dem Hauptkolleg über allgemeine Botanik mich in Halle und Bonn wiederholt vor die Aufgabe gestellt, die für den Mediziner wichtigen Punkte besonders zu betonen.

Allen Freunden und Kollegen, die mich bei meiner Arbeit mit Mitteilungen oder Abbildungen oder in anderer Weise unterstützt haben, sage ich meinen herzlichsten Dank, ebenso Herrn Kokna-Bonn und Frl. Geering-Bonn, welche nach meinen Skizzen oder nach der Natur Zeichnungen und Aquarelle geliefert haben. Dem Herrn Verleger danke ich für die gute Ausstattung, die er dem Buche gegeben hat.

Bonn, Januar 1920.

Küster.

Sehr geehrter Herr Kollege!

Sie hatten die Freundlichkeit, mir die Korrekturbogen Ihres Lehrbuches für Mediziner zu schicken und mich zu bitten, einige Worte zur Einführung und Empfehlung zu schreiben. Nach langem Zögern komme ich Ihrem Wunsche nach.

Ich habe aus meiner Vorliebe für die Pflanzenphysiologie, welche von einer Teilnahme an dem glänzenden Kolleg von Prof. Goebel in München herstammte, große Förderung für die Physiologie des Menschen erfahren.

In viereinhalbjähriger Tätigkeit im Felde lernte ich den praktischen Wert der Botanik noch höher schätzen, machte aber immer wieder die Erfahrung, daß die meisten Mediziner für ihre besonderen Zwecke darin viel zu wenig vorgebildet waren. Es muß hier unbedingt Wandel geschaffen werden. Eine seit vielen Jahren durchgeführte eingehende Beschäftigung mit den Verbesserungsvorschlägen des medizinischen Universitätsunterrichtes hat die Überzeugung in mir gefestigt, daß die naturwissenschaftliche Grundlage des Medizinstudiums erhalten bleiben muß. Doch ist eine Umgestaltung in der Weise unbedingt erforderlich, daß größere Rücksicht auf die Bedürfnisse des Mediziners beim Unterricht seitens der Fachvertreter zu nehmen ist. Nur dadurch ist eine Vertiefung der Kenntnisse, eine bessere Vorbereitung für die medizinische Ausbildung zu erreichen. Die Stundenzahl für den Unterricht kann nicht erhöht, sie muß verkürzt werden; daher die Forderung der meisten medizinischen Fakultäten, daß besondere Vorlesungen in Chemie und Physik, in Botanik und Zoologie für Mediziner seitens der Fachvertreter gelesen werden. Über die Ausgestaltung im einzelnen zu reden, ist hier nicht der Ort. Es gehört dazu aber auch, daß Lehrbücher dieser Fächer von den Fachvertretern für die Bedürfnisse der Mediziner geschaffen werden, wie es bereits von Professor Lecher (Wien) in seinem Lehrbuch der Physik für Mediziner in erfreulicher Weise geschehen ist.

Unter diesem Gesichtspunkt begrüße ich Ihr „Lehrbuch der Botanik für Mediziner" als einen großen Fortschritt. Der Student wird aus Ihrer Darstellung der Pflanzenphysiologie, der Pflanzenchemie und der Pflanzenpathologie für das Studium der menschlichen Physiologie und Pathologie viel lernen. Die besondere Berücksichtigung der für die menschliche Ernährung und zur Arzneibereitung geeigneten Pflanzen wird ihm im klinischen Unterricht sehr zustatten kommen. Das Buch wird auch dem Arzt ein treuer Berater in seiner praktischen Tätigkeit sein; er findet darin Antworten auf Fragen des täglichen Lebens, welche in anderen ihm zugänglichen Büchern fehlen oder nicht ausführlich behandelt sind. Ich glaube daher, Ihr Buch bedarf keiner besonderen Empfehlung, es wird seinen Weg sich selber bahnen.

Mit besten kollegialen Empfehlungen

Ihr sehr ergebener

Dr. Paul Krause.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Vorwort III
Vorwort von Prof. Dr. P. Krause V

Einleitung 1

Erster Teil.
Allgemeine Botanik.

I. Kapitel: Morphologie 6
A. Thallophyten 7
B. Kormophyten 14

II. Kapitel: Anatomie 58
A. Zellenlehre (Zytologie) 58
B. Gewebelehre (Histiolcgie) 82

III. Kapitel: Physiologie 102
1. Bewegung des Wassers und gelöster Stoffe in der Pflanzenzelle . . . 103
2. Baustoffwechsel 109
3. Wasser- und Stoffleitung 116
4. Betriebsstoffwechsel 121
5. Wachstum 127
6. Bewegungserscheinungen 134
7. Vermehrung, Sexualität, Vererbung 152

IV. Kapitel: Pflanzenchemie 178
1. Wasser 178
2. Asche, Mineralbestandteile 180
3. Organische Säuren 183
4. Alkohole 186
5. Kohlehydrate 186
6. Fette 192
7. Wachse 195
8. Glykoside 195
9. Gerbstoffe 197
10. Terpene, Kampfer, Harze, Balsame 197
11. Kautschuk 199
12. Alkaloide (einschl. Cholin- und Purinbasen) 200
13. Eiweißstoffe 202
14. Fermente 204
15. Pflanzenfarbstoffe 206

V. Kapitel: Pflanzenpathologie 208
1. Unterernährung 209
2. Überernährung 211

Seite

3. Wasserüberschuß 212
4. Etiolement 213
5. Wirkung extremer Temperaturen 214
6. Lichttod 215
7. Intoxikationen, giftige Stoffwechselprodukte 215
8. Wirkungen der Polarität 221
9. Traumata 221
10. Infektionskrankheiten, Parasiten und Schädlinge 225
a) Pilze und andere pflanzliche Parasiten 226
b) Tierische Parasiten der Pflanzen 235
11. Terata 241

Zweiter Teil.

Spezielle Botanik 243

A. Cryptogamae 247

I. Bakterien 249
II. Algen 256
III. Pilze 260
a) Hefen 261
b) Schimmelpilze 264
c) Phytophage Pilze 267
d) Schwämme 269
IV. Flechten 283
V. Moose 284
VI. Farne 285

B. Phanerogamae 288

I. Gymnospermae 289
II. Angiospermae 292
A. Dicotyledonae 294
Erste Abteilung: Choripetalae 294
1. Juliflorae 294
2. Centrospermae 300
3. Aphanocyclicae 307
4. Eucyclicae 324
5. Tricoccae 330
6. Calyciflorae 334
7. Leguminosae 349
Zweite Abteilung: Sympetalae 357
1. Pentacyclicae 357
2. Tetracyclicae hypogynae 359
3. Tetracyclicae epigynae 373
B. Monocotyledonae 383
1. Liliiflorae 383
2. Spadiciflorae 389
3. Glumiflorae 391
4. Scitamineae 398
5. Gynandrae 399

Sachregister 401

Einleitung.

Zwei Reiche lebendiger Wesen werden von altersher im wissenschaftlichen wie im volkstümlichen Sprachgebrauch unterschieden — das Tier- und das Pflanzenreich.

Die Unterscheidung zweier „Reiche" bringt den gewaltigen Abstand zum Ausdruck, der z. B. die allbekannten Arten unserer Vögel und Säugetiere von den Bäumen der Wälder, den Gewächsen unserer Felder und Wiesen trennt: die Vertreter der einen Gruppe scheinen kaum mehr als das Leben und die Befähigung zu Wachstum und Vermehrung mit den der andern gemeinsam zu haben.

Aristoteles spricht davon, daß es manchen Organismen gegenüber schwierig sei, ihre Zugehörigkeit zum Tier- oder Pflanzenreich zu ermitteln. Die moderne Forschung hat den Nachweis dafür erbracht, daß eine scharfe Umgrenzung der beiden Reiche unmöglich ist. Die Durchmusterung des Teils der Organismenwelt, der dem unbewaffneten Auge unbekannt bleibt und erst dem Mikroskop sich erschließt, macht mit kleinen, höchst einfach gebauten Lebewesen bekannt, die mit demselben Recht zu den Tieren wie zu den Pflanzen gerechnet werden können, da die Kennzeichen, die wir an den höheren Tier- und Pflanzenformen wahrnehmen, und welche den Begriff von Tier und Pflanze formen geholfen haben, sich bei ihnen mischen.

Das Mikroskop läßt ferner bei Untersuchung der höchsten und kompliziertesten Vertreter der beiden Reiche erkennen, daß sie alle ungeachtet aller Unterschiede in Form und Größe und Gliederung aus kleinsten Bausteinen sich zusammensetzen, die hinsichtlich ihrer Struktur und ihrer Entstehung in sehr vielen Punkten erstaunlich weitgehende Übereinstimmung zeigen. Diese Bausteine sind die Zellen.

Weiterhin zeigt sich, daß Pflanzen und Tiere nicht nur gleichermaßen durch Wachstum und Vermehrung ihr Leben bekunden, sondern daß dieses bei Organismen beiderlei Art denselben Gesetzen gehorcht, auf Vorgängen gleicher oder ganz ähnlicher Art beruht, dieselben Voraussetzungen hat und ähnliche Leistungen bewirkt. Atmung, Ernährung, Vermehrung und Tod spielen ihre Rolle bei beiden Organismenreichen in derselben Weise, und die lebendige Substanz, die als Substrat dieser und vieler anderer Prozesse zu gelten hat, läßt im Tier- und Pflanzenreich dieselben chemischen und physikalischen Qualitäten erkennen. —

Die Übereinstimmungen zwischen Tier- und Pflanzenreich sind so zahlreich und betreffen Eigenschaften und Vorgänge von so grundlegender Bedeutung, daß die Frage nicht zu umgehen ist, mit welchem Recht auch nach Erkenntnis jener Ähnlichkeiten noch an der Unterscheidung zwischen Tier- und Pflanzenreich festgehalten wird.

Eine solche Unterscheidung entspricht nicht nur dem Bedürfnis des ungelehrten Naturbeobachters, sondern bleibt auch für die wissenschaftliche Beschäftigung mit den Organismen in mehr als einer Hinsicht geboten.

1. Die Tiere genießen in der Regel das Vorrecht der freien Ortsbewegung, die Pflanzen leben im allgemeinen seßhaft. Sie streuen zwar Sporen, Pollenstaub, Samen und Früchte und andere der Fortpflanzung dienende Gebilde aus, die durch passive Bewegung sich unbegrenzt weit verbreiten können, und bei vielen niederen wasserbewohnenden Gewächsen haben die Fortpflanzungskörper sogar die Fähigkeit zu aktiver Bewegung — aber für die Lebensdauer eines Individuums bleibt im allgemeinen doch jedes unverrückbar an seinen Ort gebunden.

Daß es auch Tiere gibt, die seßhaft leben, sobald sie ihr schwärmendes Larvenstadium hinter sich haben (Bryozoen, Korallen, Tunikaten u. a.), daß wir andererseits niedere wasserbewohnende Pflanzen kennen, welche nicht anders als wie Tiere in ihrem Medium schwärmend sich bewegen, tut der Bedeutung der Regel keinen Abbruch.

2. Die Wirkung der seßhaften Lebensweise der Pflanzen wird bis zu einem gewissen Grade durch die ihnen eigentümliche Befähigung zu sehr ergiebigem und lange anhaltendem Wachstum aufgehoben. Man hat die Tiere als geschlossene, die Pflanzen als offene Naturformen bezeichnet, weil jene begrenzte, diese theoretisch unbegrenzte Wachstumsfähigkeit haben: ein Baum wächst an zahllosen Sproß- und Wurzelspitzen dauernd fort und läßt seinen Stamm mit jedem Jahre dicker werden, so daß man ihn niemals als „ausgewachsen" bezeichnen kann, während die Tiere binnen einer für die Art konstanten Frist ihr Wachstum beschließen und als ausgewachsene Organismen eine kurze oder lange Lebensfrist verbringen. Allerdings läßt das Merkmal vielen Tieren gegenüber im Stich: die Schildkröten und andere Reptilien wachsen, so lange sie am Leben bleiben; der Bandwurm setzt sein Wachstum beliebig lange fort usw.; vor Überschätzung des Merkmals bewahrt uns auch der Umstand, daß Tiere wie die *Hydra* offene Systeme darstellen würden, wenn die ihnen neu entsprossenden Individuen mit dem Muttertier dauernd in ähnlicher Weise verbunden blieben wie die Seitenzweige einer Pflanze mit dem Hauptsproß. Andererseits sind auch im Pflanzenreich geschlossene Systeme zu finden; Algenkolonien wie die von *Pediastrum* wachsen schnell zu ihrer endgültigen Größe heran, und die Betrachtung einzelliger Lebewesen wie der Kieselalgen, der Desmidiazeen u. a. macht uns mit Formen bekannt, deren Individuen in ihrer Wachstumsfähigkeit begrenzt sind, die aber unbegrenztes Wachstum in den Dienst der Vermehrung zu stellen vermögen.

3. Die Tiere erreichen in der relativ kurzen Zeit ihrer Entwicklung eine ungleich höhere Differenzierung als die Pflanzen während ihres Jahrhunderte, sogar Jahrtausende währenden Wachstums: die überlegene Komplikation des Tierkörpers spricht sich in der größeren Mannigfaltigkeit seiner Organe und der fortgeschrittenen Differenzierung ihrer Gewebe aus. Vielen Gewebeformen der Tiere hat die Pflanze nichts morphologisch oder physiologisch Vergleichbares an die Seite zu stellen: vor allem fehlen ihr die Nervengewebe und das flüssige Gewebe des Blutes. Es fehlt ihr ferner der hohe Grad von Spezifizität der Gewebeformen, und es fehlt ihr alles, was mit der Keimbahn der Tiere verglichen werden könnte: aus Wurzeln sehen wir Sprosse, aus Blättern Wurzeln und neue Triebe, kurzum aus allen Organen der Pflanze alle andern Organformen, auch Blüten und Geschlechtszellen, hervorgehen.

4. Die Pflanzenwelt hilft das Antlitz unseres Planeten durch ihre grüne Farbe, das Chlorophyll, bestimmen — eine Farbe, die dem Tierreich fehlt, die wir andererseits bei mikroskopisch kleinen Lebewesen pflanzlicher Art in derselben Qualität antreffen wie bei den Riesen unserer Wälder. Durchgreifend ist auch dieses Merkmal nicht, da vielen Pflanzen der grüne Farbstoff fehlt — vor allem sämtlichen Pilzen und den Bakterien.

5. Mit dem Besitz des grünen Farbstoffes verbindet sich für die Pflanzen ein ernährungsphysiologisches Merkmal erster Ordnung: sie sind nämlich imstande, mit Hilfe der grünen Bestandteile ihrer Zellen die Kohlensäure der Luft zu zerlegen und aus ihr und dem Wasser unter der Einwirkung des Lichtes komplizierte organische Verbindungen herzustellen. Der Prozeß der „Photosynthese" ist ein Vorrecht der grünen Pflanzenformen; alle Organismen, welche kein Chlorophyll besitzen, sind — mit ganz wenigen Ausnahmen — genötigt, von der Außenwelt organisch gebundenen Kohlenstoff zu beziehen: die Bakterien, die Pilze, sämtliche Tiere.

6. Schließlich: die Zellen der Pflanzen haben eine feste Zellulosehülle, den tierischen fehlt eine solche. Das Merkmal versagt nur gegenüber den niederen Pflanzen, bei welchen nackte Organismen oder wenigstens nackte Fortpflanzungszellen verschiedener Art eine große Rolle spielen — ebenso gegenüber den Geschlechtszellen der höheren Pflanzen, die ebenfalls ohne Hülle auskommen. —

Die große Zahl der hier erläuterten Unterscheidungsmerkmale vermag nicht die mangelnde Zuverlässigkeit und die beschränkte Gültigkeit des einzelnen zu ersetzen. Das Gesagte macht klar, daß eine einwandfreie Umgrenzung der beiden Organismenreiche nicht möglich ist, daß sich vielmehr zwischen beiden eine nicht kleine Schar von Lebewesen findet, deren Zugehörigkeit strittig und deren Zuweisung zu diesem oder jenem Reiche dem Gutdünken des einzelnen überlassen bleibt — je nachdem ob dieses oder jenes Merkmal seinem subjektiven Dafürhalten nach entscheidend sein soll. Für die Praxis des wissenschaftlichen Arbeitens werden diese Schwierigkeiten dadurch eingeschränkt, daß die zwischen Tier- und Pflanzenreich stehenden strittigen Formen durchweg aus der Gruppe der Einzelligen, der Protisten, sich rekrutieren; im allgemeinen pflegt man bei ihrer Beurteilung dem Besitz einer festen Membran und des Chlorophylls entscheidende Bedeutung beizumessen, grüne und umhäutete Protisten als Pflanzen, farblose nackte als Tiere anzusprechen.

* * *

Aufgabe der Botanik ist die Erforschung der Pflanzenwelt nach allen Richtungen und unter Zuhilfenahme aller nur erdenklichen Hilfsmittel.

Gegenstand der botanischen Forschung sind alle Eigenschaften sämtlicher Pflanzen und ihrer Teile und alle Beziehungen, welche die Pflanzen untereinander, mit den Tieren und dem Menschen verbinden. Alle diese Aufgaben sucht der Forscher durch Beobachtung des von der Natur Gegebenen und durch planmäßiges Experimentieren zu lösen — lediglich um ihrer selbst willen und um den Trieb nach Erkenntnis der Natur zu befriedigen — oder der Nutzanwendungen und der Förderungen wegen, welche die Erkenntnis der Pflanzenwelt dem Menschen bringt. Im ersten Falle liegt reine Botanik, im zweiten angewandte Botanik vor: für jene haben alle Pflanzen und alle ihre Eigenschaften Interesse, für diese

nur solche Gewächse, welche direkt oder indirekt auf den Menschen zu wirken vermögen. In der reinen Botanik sind alle Ermittlungen von gleich hohem Werte, während die angewandte Botanik nach der Bedeutung, welche dieser oder jener Pflanzenart für den Menschen zukommt, zwischen dringlichen und minder wichtigen Fragen und Ergebnissen zu unterscheiden die Pflicht hat. —

Die Botanik ist im Altertum als Hilfswissenschaft der Medizin begründet und auch im Mittelalter als solche betrieben worden. Sie war in erster Linie angewandte Botanik, und die ihr Beflissenen hatten die Aufgabe, die für den Menschen förderlichen und die ihn schädigenden Wirkungen der Pflanzen zu ergründen. Gegenstand der Forschung waren daher so gut wie ausschließlich die Heil- und die Giftpflanzen, so daß die Botanik im wesentlichen dem Arbeitsgebiet unserer Pharmakognosie und eines Teils der Pharmakologie entsprach.

Die Stellung des Mediziners zur Botanik ist trotz allen Wandlungen auch heute noch insofern dieselbe wie in alten Zeiten, als die angewandte Botanik den Interessen des Arztes am nächsten steht, der die Eigenschaften der Pflanzen studiert, um die vielseitige Bedeutung des Pflanzenreichs für den Menschen zu verstehen und zu selbständigem Urteil über die Beziehungen zwischen diesem und jenem zu gelangen. Die Befähigung zu solchem Urteil setzt aber die Vertrautheit mit vielen Fragen der Morphologie, Anatomie und Physiologie der Pflanzen voraus.

Zu dem praktischen Interesse des Arztes an der Botanik kommt das theoretische, das nach einem Vergleich des kompliziertesten Lebewesens mit den einfachsten fragt; der Mediziner wünscht von dem Verständnis dessen, was die Pflanzenzelle mit ungleich größerer Klarheit als die tierische zu erkennen gestattet, Einsicht in die am tierischen Organismus beobachteten Vorgänge zu gewinnen und seine Kenntnisse über die Physiologie und Pathologie der Tiere und des Menschen durch solche von der normal vegetierenden und pathologisch veränderten Pflanze zu allgemeinem biologischen Wissen zu ergänzen.

Dieser zwiefachen Forderung des Mediziners sollen Auswahl und Anordnung des im vorliegenden Buche behandelten Wissensstoffes Rechnung tragen.

Im ersten Teil wird die allgemeine Botanik, im zweiten die spezielle oder systematische Botanik vorgetragen werden.

Die **allgemeine Botanik** ordnet ihren Stoff nach den allgemeinen Fragen, die wir nach Form und Struktur, chemischen und physikalischen Qualitäten, Ernährung, Wachstum und Vermehrung, Krankheit und Tod und vielen andern Eigenschaften und Lebensäußerungen der Pflanzen stellen können.

Die **spezielle Botanik** ordnet ihren Wissensstoff nach den einzelnen Arten und teilt alles mit, was über deren Eigenschaften zu ermitteln war. Diese Arbeit setzt die sichere Unterscheidung der Arten voraus und führt zu ihrer Ordnung in ein „System“ (systematische Botanik).

Von den vielen Disziplinen, welche die allgemeine Botanik ausmachen, kommen für die Aufgabe des vorliegenden Werkes namentlich folgende in Betracht.

Die Morphologie ist die Lehre von der äußeren Gestalt und der Entwicklung der Pflanze und ihrer Organe. Ihre Kenntnis ist Voraussetzung für das Unterscheiden der verschiedenen Pflanzenarten.

Die Anatomie erforscht die mit Hilfe des Mikroskops erkennbare innere Struktur der Pflanzen.

Die Physiologie beschäftigt sich mit den Lebenserscheinungen der Pflanzen.

Die Pflanzenchemie lehrt die Stofe kennen, aus welchen die Pflanzen bestehen, oder welche sie ausscheiden.

Die Pathologie hat die Aufgabe, den kranken Pflanzenkörper, seine Form, seine Struktur, seine Lebensvorgänge und chemische Zusammensetzung zu ermitteln, den Ursachen der Krankheiten nachzugehen und nach Prophylaxe und Therapie zu fragen.

Die spezielle und systematische Botanik hat einen Überblick über das System der Pflanzen zu geben. Bei der Aufzählung der Pflanzenarten wird sich der ihr gewidmete Teil des vorliegenden Buches auf die Aufgaben der angewandten Botanik beschränken und fast ausschließlich diejenigen Arten nennen, die in irgendeiner Weise praktisch wertvoll sind und insbesondere das Interesse des Klinikers irgendwie in Anspruch nehmen.

Erster Teil:

Allgemeine Botanik.

I. Kapitel: Morphologie.

Die ungeheure Fülle, in der sich die Vertreter der Pflanzenwelt unseren Blicken zeigen, und die Ruhe, mit der ihre Formen zu betrachten und zu vergleichen möglich ist, machen es uns leicht, jederzeit und allerorten uns von der Mannigfaltigkeit der vegetabilischen Formenwelt zu überzeugen.

Keinem aufmerksamen Auge kann der Unterschied entgehen, der die verschiedenen Sorten der Laub- und Nadelbäume kenntlich macht, die Formenfülle, die den Blumengarten beherrscht, oder die Mannigfaltigkeit, die bei Pilzen oder Flechten oder bei den Meeresalgen uns begegnet. Nicht geringer schließlich ist die Buntheit der Gestalten im Reiche der mikroskopisch kleinen Pflanzen. Finden wir unter den Laub- und Nadelbäumen turmhohe riesenhafte Gestalten, die wie die Mammutbäume Kaliforniens (*Sequoia gigantea*) oder der australische Fieberbaum (*Eucalyptus amygdalina*) mit ihren 140—150 m hohen Stämmen, alle lebenden und wohl auch alle ausgestorbenen Tierarten an Größe bei weitem übertreffen, so macht uns die Durchmusterung der mikroskopischen Pflanzenformen mit Arten bekannt, die uns durch alle Größenordnungen mit ungefähr $^1/_5$ eines Mikromillimeters (0,2 μ) zur Grenze dessen führen, was optische Instrumente noch zu zeigen vermögen; es gibt keine Tiere, die so klein wären, wie die kleinsten pflanzlichen Organismen.

Den Leib einer Pflanze nennen wir ihren Vegetationskörper. Um in die Formenwelt der Vegetationskörper Ordnung zu bringen, wollen wir nach den Merkmalen suchen, die vielen von ihnen gemeinsam sind.

Bei allen Verschiedenheiten, die wir am äußeren Aufbau der Pflanzen wahrnehmen, stimmen die weitaus meisten Gewächse, die wir mit unbewaffnetem Auge in unserer Umgebung finden, darin überein, daß sie an Stämmen, Stengeln oder Zweigen oder irgendwie gestalteten saftigen oder holzigen Achsen Glieder tragen, die wir Blätter nennen. Eine Achse samt den an ihr entwickelten Blättern bildet einen Sproß.

Die Ausbildung dieses Organes bringt ein so weit verbreitetes und so leicht erkennbares Merkmal mit sich, daß es sich bewährt hat, nach seinem Auftreten oder Fehlen von Kormophyten oder Thallophyten zu sprechen.

Kormophyten sind diejenigen Gewächse, deren Vegetationskörper einen Kormus, d. h. ein in Achse und Blatt sich gliederndes Gebilde darstellt. Unter der Erdoberfläche entwickeln die Kormophyten blattlose Organe, die Wurzeln.

Thallophyten sind Pflanzen, die jene Gliederung vermissen lassen. Ihren Vegetationskörper bezeichnet man als Thallus.

Beispiele für kormophytischen Bau liefern alle höheren Pflanzen, alle Bäume, alle Kräuter, Farne, Schachtelhalme usw. Alle Kormophyten sind mit unbewaffnetem Auge sichtbar.

Das Wesen eines Thallus erläutern uns die Flechten, die Fruchtkörper der Pilze, die Fadenmassen, die in algendurchwucherten Tümpeln sich finden usw.; Thallophyten sind außer den genannten großen alle mikroskopisch kleinen pflanzlichen Lebewesen.

Bei den Kormophyten erreicht die Gliederung eines Pflanzenkörpers durch die große Zahl seiner Organe und ihre unterschiedliche Ausbildung eine Komplikation, die von den Thallophyten nicht oder nur ausnahmsweise erreicht wird. Andererseits zeigen die Thallophyten unter sich eine Mannigfaltigkeit in der Gestaltung ihrer Vegetationskörper, mit der sie die Kormophyten weit hinter sich lassen.

A. Thallophyten.

Formlos, d. h. ohne feste Umrisse und in dauernd veränderlicher Gestalt zeigt sich der Thallus nur bei den Schleimpilzen (Myxomyzeten): ihr Vegetationskörper ist ein Plasmodium, eine hautlose, schleimige, aus netzartig verbundenen Strängen bestehende, langsam sich vorwärts bewegende Masse, an deren Rande sich unablässig dieselben Formveränderungen abspielen, die wir von Amöben, Leukozyten und anderen „amöboïden" Zellen verschiedenster Art her kennen (vgl. Fig. 1).

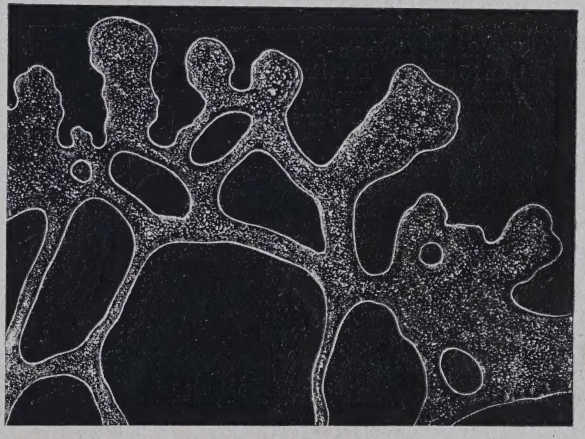


Fig. 1. Formloser Vegetationskörper; Stück von dem Rande eines Schleimpilz-Plasmodium.

Alle anderen Thallophyten haben einen geformten Vegetationskörper. Bei den Bakterien, den kleinsten Thallophyten, mißt jeder Vegetationskörper nur wenige Mikromillimeter (μ) oder gar nur Bruchteile eines solchen; viele Algen sind für das unbewaffnete Auge gerade noch sichtbar.

Moose und Flechten sind zwar stets ohne optische Hilfsmittel wahrnehmbar, bleiben aber auch mit ihren stattlichsten Vertretern noch Zwerge gegenüber vielen Kormophyten, während einige braune Meeresalgen (*Nereocystis*, *Macrocystis* u. a.) mit ihren 100—200 m langen Thallis zu den größten aller bekannten Organismen zählen.

Unter den mikroskopisch kleinen Lebewesen spielen kugelige, stäbchen- oder fadenförmige Thalli eine große Rolle. Wir finden solche unter den Bakterien (Fig. 2), bei vielen Algen, bei den Hefen usw. Thallusformen besonderer Art zeigen uns z. B. manche schraubenartig gewundene

Bakterien (Spirillen, Fig. 2), die mondsichelförmig gebogenen Closterien und andere Gattungen der grünen süßwasserbewohnenden Desmidiazeen (Fig. 3 und 5)

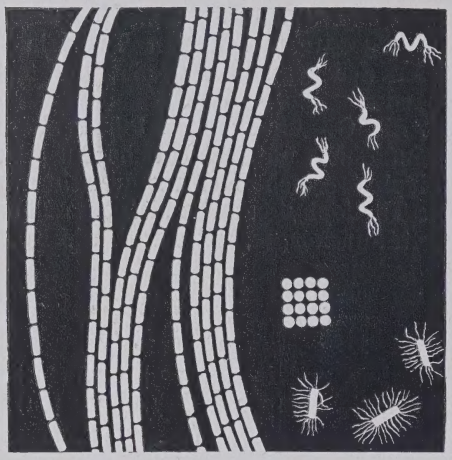


Fig. 2. Stäbchen-, kugel- und schraubenförmige Thallusformen. Gruppen verschieden geformter, begeißelter und unbegeißelter Bakterien.

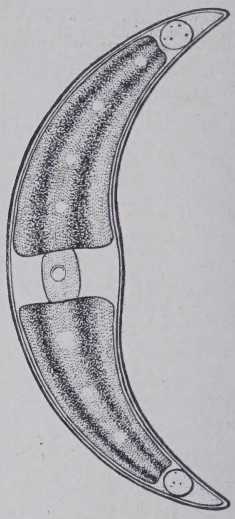


Fig. 3. Mondsichelförmig gebogener Thallus einer Desmidiazee (*Closterium*).

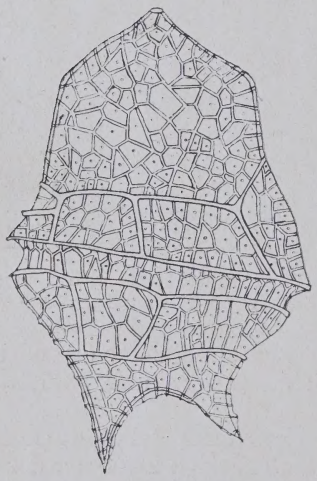


Fig. 4. Asymmetrischer Thallus einer Peridinee (*Heterodinium*). Nach Kofoid.

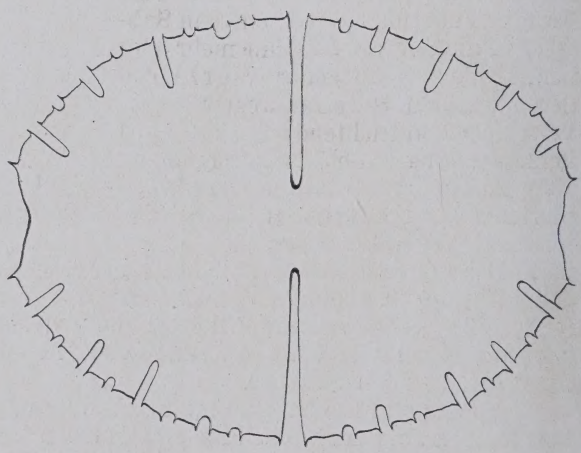


Fig. 5. Symmetrisch gebauter Thallus einer Desmidiazee (*Micrasterias*).

In Fig. 4 und 5 ist eine auffallend asymmetrisch gestaltete Alge neben eine regelmäßig sternförmige von ausgesprochen symmetrischer Konstruktion gestellt.

In allen diesen und vielen ähnlichen Fällen hat der Vegetationskörper eine für die Art charakteristische Größe: lang anhaltendes Wachstum, das sie zu immer stattlicherer Größe gedeihen läßt, fehlt jenen Organismen.

Der weitaus größeren Mehrzahl der Gewächse ist die Befähigung zu theoretisch unbegrenztem Wachstum eigen. Wo solches sich betätigt, pflegt nicht der ganze Vegetationskörper an ihm teilzunehmen, sondern sind nur einzelne bevorzugte Abschnitte zum Wachstum, d. h. zur Vermehrung der den Vegetationskörper aufbauenden Materie befähigt. Solche bevorzugte Stellen nennen wir Vegetationspunkte.

In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle liegen die Vegetationspunkte an der Spitze der wachsenden Organe; ihr Wachstum ist ein Scheitel- oder Spitzenwachstum. Je größer ihr Abstand von der Spitze, um so beträchtlicher ist das Alter der einzelnen Abschnitte des Vegetationskörpers. Liegt der Vegetationspunkt in der Mitte eines Organs, so nennen wir ihn und das durch seine Tätigkeit bewirkte Wachstum interkalar.

Fig. 6. Polar gebauter Thallophyt; *Botrydium granulatum*. Nach Rostafinski.

Mit dieser Unterscheidung von wachsenden und nicht mehr wachsenden oder ausgewachsenen Teilen kombiniert sich eine weitere, indem an gegenüberliegenden Polen eines Vegetationskörpers sein Wachstum sich mit der Produktion verschiedener Formen betätigt. Es werden ein dem Substrat zugewandter und ihm mehr oder minder fest anhaftender Wurzelpol und ein dem Substrat abgewandter, frei sich aufrichtender Sproßpol unterscheidbar. Beide Bezeichnungen lehnen sich an die für die Organe der Kormophyten übliche Bezeichnungsweise an, bei welchen dieselbe Polarität wahrgenommen wird, wie bei den hier zunächst in Rede stehenden Thalluspflanzen. Fig. 6 erläutert das Gesagte an einer nur wenige Millimeter großen Alge, die zeitweilig an schlammigen Stellen unserer Flußufer in großen Mengen auftritt (*Botrydium granulatum*): nach oben entwickelt das Pflänzchen eine grüne Kugel, nach unten ein in den Boden eindringendes, farbloses, wurzelähnliches Fadengeflecht (Rhizoiden). In andern Fällen entwickeln die Thallophyten an ihrem Wurzelpol kräftige klammer- oder krallenförmige Haftorgane (Hapteren, Fig. 16) oder rundliche Haftscheiben.

Die Übereinstimmung der oberen und unteren Teile des Thallus mit den ober- und unterirdischen Organen der Kormophyten bekundet sich auch darin, daß die am Sproßpol erzeugten Thallusteile grün, die am Wurzelpol liegenden meist farblos oder arm an grünen Pigmenten sind. Echte Wurzeln freilich fehlen den Thallophyten ebenso wie Sprosse im oben erläuterten Sinn.

Im einfachsten Falle setzen Sproß- wie Wurzelpol ihr Wachstum mit je einem Vegetationspunkt fort; in vielen andern liegen zahlreiche Vegetationspunkte an einem Vegetationskörper vor, und findet während des Wachstums ergiebige Vermehrung der Vegetationspunkte statt. Die Betätigung mehrerer oder zahlreicher Vegetationspunkte führt zur Verzweigung.

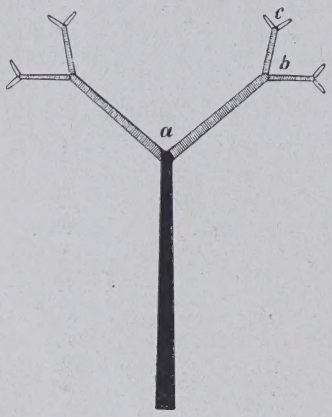


Fig. 7. Schematische Darstellung der dichotomen Verzweigung. Dreimalige Verzweigung.

Eine Vermehrung der Vegetationspunkte kann auf doppeltem Wege erreicht werden — entweder durch Spaltung der bereits vorhandenen oder durch Neubildung von Vegetationspunkten an den älteren Teilen des Thallus.

Wenn aus dem Vegetationspunkt a (vgl. Schema Fig. 7) durch Spaltung zwei neue hervorgehen, so tritt eine Gabelung des Thallusstückes ein oder eine dichotome Verzweigung, die sich durch Teilung der Vegetationspunkte der beiden Gabeläste und aller noch später entstehenden Vegetationspunkte beliebig oft wiederholen kann. Bleiben aber die in Wachstum begriffenen Vegetationspunkte unverändert, und erfolgt in größerem oder geringerem Abstand von ihnen die Bildung neuer Vegetationspunkte, so entsteht (vgl. Fig. 8) ein Verzweigungsbild, in welchem ein das ganze System beherrschender Hauptast erkennbar bleibt. Verzweigung dieser Art wird als monopodiale bezeichnet. Die Seitenäste ihrerseits können sich in derselben Weise verzweigen wie der Hauptast: immer stehen die jüngsten Seitenäste in nächster Nähe des Vegetationspunktes, die Verzweigung schreitet also akropetal fort, soweit es sich um Organe mit Scheitelwachstum handelt. Liegen die Vegetationspunkte nicht an der Spitze und die jüngsten Seitenzweige daher dieser nicht am nächsten, so kommt eine basipetal fortschreitende Verzweigung zustande.

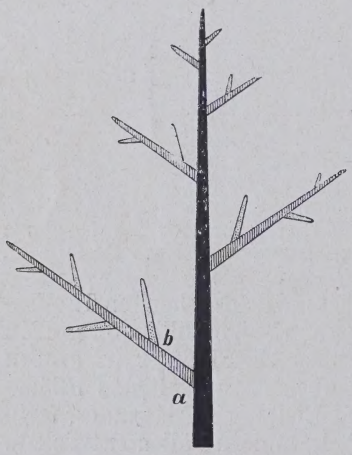


Fig. 8. Schematische Darstellung der monopodialen Verzweigung.

Nicht immer ist aus dem fertigen Verzweigungsbild die Entstehung des Systems so leicht abzulesen wie aus Fig. 7 und 8. Allerhand Unregelmäßigkeiten können die Sproßverkettung unklar machen; namentlich aber kann sie durch anomale Wachstumsrichtung der einzelnen Thallusabschnitte und ungewöhnliche Verteilung der Wachstumsintensität ganz neue Charaktere bekommen. Das in Fig. 9 I gezeigte Verzweigungsbild ist durch dichotome Gabelung der Vegetationspunkte zustande gekommen, die beiden Gabeläste verhalten sich aber verschieden: einer von ihnen bleibt kurz, der andere wächst stärker und stellt sich ungefähr in die Richtung des Hauptastes ein. Bei jeder weiteren Gabelung wiederholt sich dasselbe,

so daß schließlich eine das ganze System beherrschende Gliederfolge zustande kommt, die — scheinbar einheitlich, d. h. Produkt eines Vegetationspunktes — in Wirklichkeit aus mehreren Stücken ungleicher Herkunft sich zusammensetzt, von welchen jedes einen der beiden aus dem vorangehenden Stück entstandenen Gabeläste darstellt. Fig. 9 II zeigt, daß auch auf dem Wege der monopodialen Verzweigung ganz ähnliche Bilder dann zustande kommen, wenn der Vegetationspunkt des Hauptastes von einem Seitenast beiseite gedrängt und von ihm übergipfelt wird, bis auch sein Vegetationspunkt nach Bildung eines neuen Seitenastes dasselbe Schicksal erfährt. In beiden Fällen — Fig. 9 I und II — spricht man von Sympodien oder sympodialer Verzweigung.

Sowohl am Sproß- wie auch am Wurzelpol kann Verzweigung eintreten. Im allgemeinen ist die am Sproßpol eintretende Verzweigung und Gliederung reichhaltiger und differenzierter als die des Wurzelpols.

Bei dichotomer Verzweigung liegen beide Gabeläste und der Hauptast in derselben Ebene. Erfolgen auch die nächste und übernächste Vegetationspunktteilung (Fig. 7 b, c) in derselben Richtung, so resultiert ein Thallus, dessen Zweige sämtlich in einer Ebene liegen. Komplizierter wird das Verzweigungsbild, wenn die Gabelung b in einer andern Ebene als die Gabelung a erfolgt.

Große Mannigfaltigkeit bekommt bei monopodialer Verzweigung das Verzweigungssystem durch die Stellung der Äste. Auch bei ihr liegen entweder Hauptast und sämtliche Seitenäste in einer Ebene — letztere alle nach einer Seite gewandt (Fig. 10) oder abwechselnd nach rechts und links vom Hauptast (Schemabild Fig. 8) sich entwickelnd — oder sie liegen in zwei oder zahlreichen Ebenen. Die Prinzipien ihrer Anordnung können verschieden sein; oft erscheinen die Seitenzweige derart gestellt, daß ihre Anheftungspunkte auf einer Schraubenlinie stehen, die die Hauptachse steil oder flach ansteigend umwindet. Bei Besprechung der Kormophyten wird auf diesen Modus der Organanordnung zurückzukommen sein.

Weiterhin sind Seitenzweige auf ihre Qualität hin mit dem Hauptast und untereinander zu vergleichen.

Fig. 11 zeigt den Vegetationskörper eines Pilzes, der ein aus zahlreichen reichverzweigten Fäden oder Hyphen gebildetes Geflecht darstellt; alle seine Vegetationspunkte liefern gleichstarke, gleichartig gebaute, in gleicher Weise sich weiter verzweigende Fäden und sind in gleicher Weise zu unbegrenztem Längenwachstum befähigt.

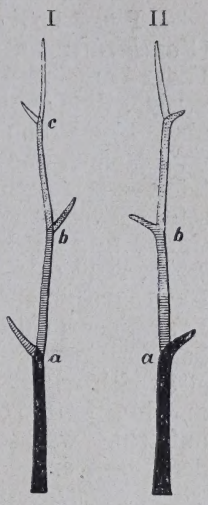


Fig. 9. Schematische Darstellung der sympodialen Verzweigung. I. Sympodium nach dichotomer Verzweigung; II. Sympodium nach monopodialer Verzweigung; die Buchstaben an den Verzweigungspunkten wie in Fig. 7 und 8.

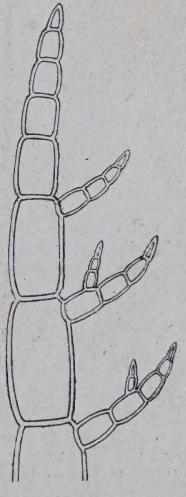
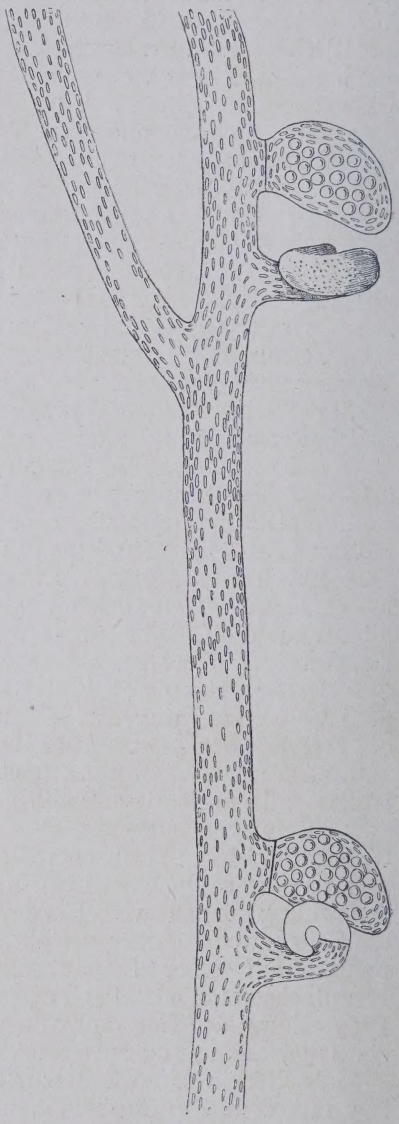


Fig. 10. Verzweigter Thallus einer roten Alge; alle Seitenzweige einseitwendig und in einer Ebene liegend (*Antithamnium*).

Fig. 12 zeigt den Faden einer auf feuchter Erde häufigen Grünalge (*Vaucheria*): an einem unbegrenzt sein Längenwachstum fortsetzenden Faden entstehen hie und da Seitenzweige, die ihm gleichen — außer ihnen aber kleine Seitentriebe, die in Form und Inhalt und namentlich durch ihr frühabgeschlossenes Wachstum sich wesentlich von jenen unterscheiden. Jene sind Langtriebe, diese Kurztriebe. Im wesentlichen dasselbe lehrt der in Fig. 13 dargestellte Thallusabschnitt eines Lebermooses (*Marchantia*): dem grünen, bandförmigen Langtrieb, der dem Substrat sich anlegt und mit Rhizoiden sich an ihm festhält, entsprießen schlanke, aufrecht wachsende Kurztriebe, auf deren — einem Schirmgerüst vergleich-



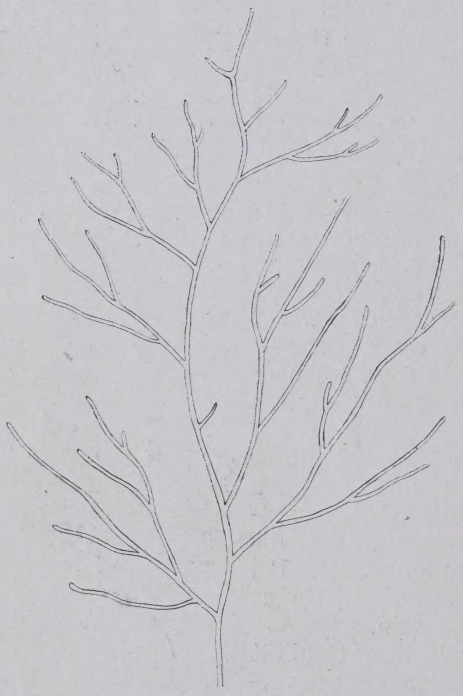


Fig. 11. Verzweigter Vegetationskörper eines Pilzes: keine Differenzierung in Lang- und Kurztriebe (*Mucor*).

Fig. 12. Verzweigter Thallus einer Alge; Differenzierung in Lang- und Kurztriebe (*Vaucheria*).

baren — Kopfteil die weiblichen Geschlechtsorgane der Pflanze entstehen.

Die Arbeitsteilung, bei welcher die Kurztriebe sich der Funktion der Vermehrung dienstbar machen, kehrt bei vielen Algen, Pilzen, Flechten und Moosen wieder. Weiterhin sehen wir die Kurztriebe zu Organen anderer

Art, bei den Algen vor allem zu flachen, blattähnlichen Gebilden werden, durch deren Besitz viele hoch organisierte Thalli dem Vegetationskörper der Kormophyten ähnlich werden können.

Eine im Mittelmeer auftretende Grünalge (*Caulerpa*, Fig. 14) besitzt einen kriechenden Langtrieb, der wie der Wurzelstock vieler Kormophyten auf der Unterseite die im Substrat haftenden Organe entwickelt und nach oben blattartige, flache Kurztriebe liefert. Besonders weit geht die Differenzierung der Thalli von *Sargassum*, einer marinen Braunalge, deren Langtriebe dreierlei Kurztriebe tragen: solche, welche Fortpflanzungsorgane produzieren, andere, welche luferfüllte Blasen tragen, und schließlich „Blätter" (Fig. 15). Den Blättern der höheren Pflanzen gleichen die flachen Kurztriebe mancher Algen auch darin, daß sie abgeworfen werden, während die Langtriebe erhalten bleiben.

Fig. 13. Verzweigter Thallus eines Lebermooses; Differenzierung in Lang- und Kurztriebe (*Marchantia polymorpha* ♀).

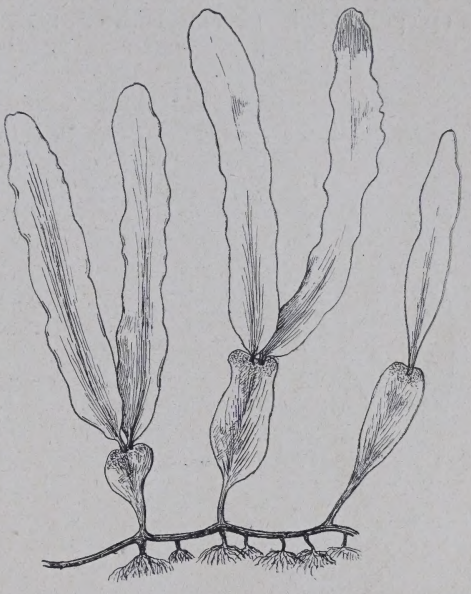


Fig. 14. Differenzierung von Lang- und Kurztrieben von wurzelstock- und blattartiger Ausbildung (*Caulerpa*).

Die in Fig. 16 dargestellte Braunalge (*Laminaria Cloustoni*) entwickelt am Ende eines stielartigen Organs ein breites „Blatt", das im Winter abgeworfen und durch die Tätigkeit eines an der Basis der alten Spreite liegenden, interkalaren Vegetationspunktes ersetzt wird. —

Fig. 15. Differenzierung mehrerer Arten von Kurztrieben (*Sargassum*). Nach Goebel

Wir vergleichen schließlich die verschiedenen Arten thalloser Vegetationskörper auf ihre Symmetrieverhältnisse hin.

Botrydium granulatum (Fig. 6) und ähnlich gebaute Algen nennen wir polysymmetrisch oder radiär, weil durch ihren Thallus viele Symmetrieebenen gelegt werden können, d. h. Ebenen, die ihn in zwei spiegelbildlich gleiche Hälften zerlegen. Der Thallus des *Closterium* ist bisymmetrisch, d. h. er kann nur durch zwei Ebenen in symmetrische Hälften zerlegt werden: die eine fällt (vgl. Fig. 3) mit der Ebene des Papiers zusammen und zerlegt den Thallus in eine vordere und eine hintere Hälfte; die andere geht durch den breiten Teil des Thallus und steht auf der ersten Symmetrieebene senkrecht; sie zerlegt den Thallus in eine obere und eine untere Hälfte.

Fig. 16. Blattartiger Thallus einer Alge (*Laminaria Cloustoni*).

Körper, durch die nur eine Symmetrieebene zu legen ist, heißen monosymmetrisch; als Beispiel diene der in Fig. 10 dargestellte Thalluszweig von *Antithamnion*. Mit Rücksicht darauf, daß bei monosymmetrischen Gebilden zumeist eine Ober- und Unterseite, eine Rücken- und Bauchseite in unterschiedlicher Ausbildung erkennbar sind, werden jene auch dorsiventral genannt. Deutlich dorsiventral ist der Thallus des in Fig. 13 dargestellten Lebermooses. Auch *Caulerpa* (Fig. 14) hat einen dorsiventralen Thallus; jedes einzelne Blatt ist bisymmetrisch gebaut.

B. Kormophyten.

Die Kormophyten kennzeichnet der Besitz eines Sprosses und einer Wurzel.

Der **Sproß** ist ein durch den Besitz irgendwie gestalteter Blätter gekennzeichneter Organkomplex, der durch Spitzenwachstum sich verlängert und die Zahl der ihn aufbauenden Organe vermehrt.

Der an der Spitze des Sprosses liegende Vegetationspunkt hat die Gestalt eines flach gewölbten (Fig. 17 b) oder fingerförmig sich vorstreckenden Kegels („Vegetationskegel“ Fig. 17 a), an dem schon frühe die Blätter des Sprosses als höckerförmige Auswüchse sichtbar werden (Fig. 17 a). Die jüngsten stehen dem Scheitelpunkt des Vegetationskegels nahe, in größerem Abstande folgen die älteren, schon heranwachsenden Blätter; ihre Anlage schreitet also akropetal fort. In Fig. 17 a sind die jüngsten Blattanlagen noch völlig ungegliederte Höcker, deren Form noch nichts von ihrem künftigen Ent-

wicklungsschicksal verrät; in Fig. 17 b lassen bereits die jüngsten Blattanlagen den Beginn einer Gliederung erkennen. Die älteren Blätter neigen sich, wie in Fig. 17 b sichtbar, über dem Vegetationspunkt zusammen; so entsteht eine Knospe.

Am Vegetationskegel entstehen die Blätter dicht nebeneinander; am ausgewachsenen Sproß zeigen sie sich oft sehr weit voneinander abgerückt. Die Stelle, an der ein oder mehrere Blätter an der Achse stehen, nennt man einen Knoten oder Nodus — gleichviel ob sie besonders stark angeschwollen ist, wie die Knoten eines Getreidehalms, oder ob eine solche Schwellung fehlt. Das zwischen je zwei Blättern oder zwei Knoten liegende Stück der Achse ist ein Internodium. Sind die Internodien sehr kurz, so stehen die Blätter dicht übereinander und bilden eine Rosette. Sehr häufig ist der Fall, daß eine Achse zunächst in gestauchter Ausbildung zahlreiche Blätter auf kurzer Strecke in Rosettenform vereinigt, daß dann die Internodien immer größer und schließlich in der Blütenregion des Sprosses wieder

Fig. 17. Vegetationskegel, a Wasserpest (*Helodea*) stark vergrößert, b Ahorn (*Acer*). Bei a sind hinter dem Vegetationspunkt die Spitzen zweier halb erwachsenen Blätter sichtbar, welche den Vegetationskegel überwölben. Die bei b sichtbaren jungen Blätter lassen schon die charakteristische Gliederung des Ahornblattes (vgl. Fig. 20) erkennen.

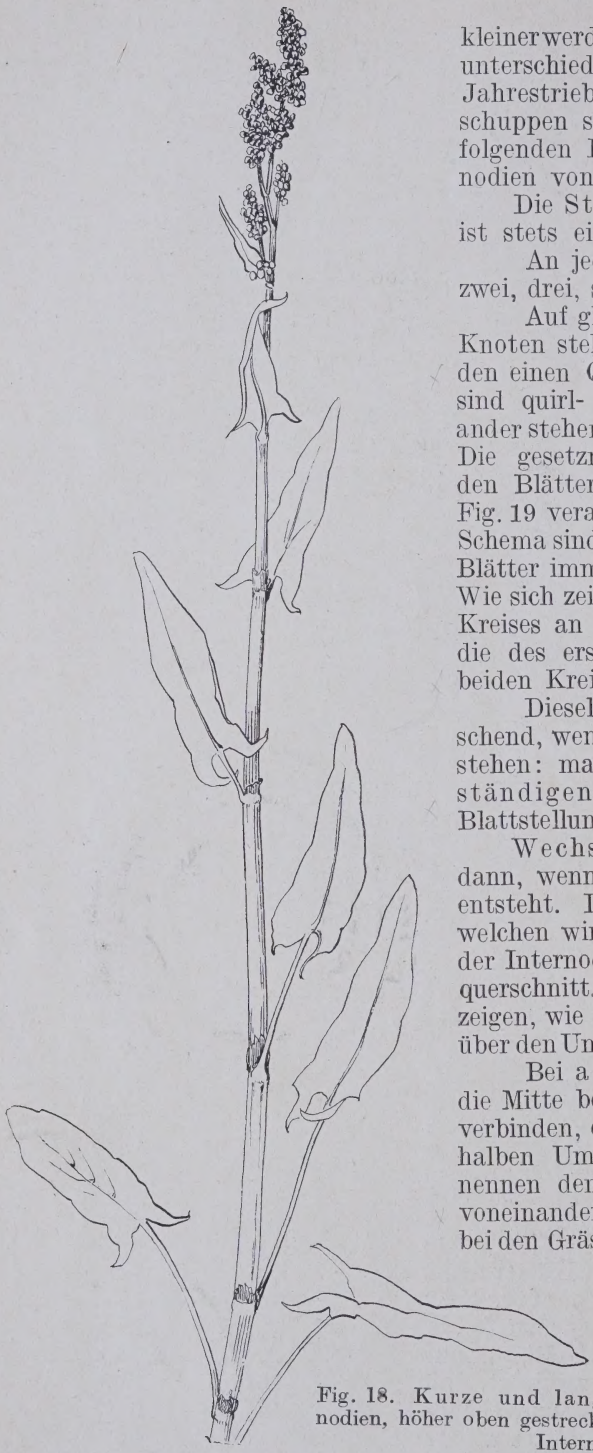


Fig. 18. Kurze und lange Internodien; unten kurze Internodien, höher oben gestreckte, in der Blütenregion wieder kurze Internodien (*Rumex*).

kleiner werden (vgl. Fig. 18). Ähnliche Längenunterschiede zeigen die Internodien der Jahrestriebe unserer Bäume: die Knospenschuppen sind durch sehr kurze, die ihnen folgenden Laubblätter durch lange Internodien voneinander getrennt (Fig. 20).

Die Stellung der Blätter am Sproß ist stets eine streng gesetzmäßige.

An jedem Nodus steht ein oder stehen zwei, drei, selten mehr Blätter.

Auf gleicher Höhe, d. h. an demselben Knoten stehende Blätter eines Sprosses bilden einen Quirl oder Wirtel; die Blätter sind quirl- oder wirtelständig. Beim Oleander stehen an jedem Knoten drei Blätter. Die gesetzmäßigen Beziehungen zwischen den Blättern benachbarter Knoten sind in Fig. 19 veranschaulicht. In dem beigefügten Schema sind die auf gleicher Höhe stehenden Blätter immer auf einem Kreise eingetragen. Wie sich zeigt, stehen die Blätter des zweiten Kreises an denjenigen Radien, an welchen die des ersten Wirtels Lücken lassen: die beiden Kreise alternieren miteinander.

Dieselbe Alternanz bleibt auch herrschend, wenn an jedem Knoten zwei Blätter stehen: man spricht alsdann von gegenständigen Blättern oder dekussierter Blattstellung (Fig. 20).

Wechselständig sind die Blätter dann, wenn an jedem Nodus nur ein Blatt entsteht. Dann trägt jeder der Kreise, auf welchen wir die Blätter aufeinander folgender Internodien eintragen, nur einen Blattquerschnitt. Die Schemata der Fig. 21 zeigen, wie verschiedenartig sich die Blätter über den Umfang der Achse verteilen können.

Bei a ist der Winkel, dessen Schenkel die Mitte benachbarter Blätter miteinander verbinden, ein gestreckter, kommt also dem halben Umfange der Achse gleich. Wir nennen den Abstand benachbarter Blätter voneinander ihre Divergenz; bei der Ulme, bei den Gräsern, Lilien usw. ist die Divergenz $= \frac{1}{2}$. Bei b ist ein Sproß, dessen Blätter die Divergenz $\frac{1}{3}$ aufweisen, dargestellt (*Rumex*, vgl. Fig. 18): $\frac{1}{3}$ des Stamm-

umfangs ist zurückzulegen, wenn man von einem Blatt bis zum nächstfolgenden gelangen will. Stand bei a schon das dritte Blatt, dann das fünfte, siebente usw. über dem ersten so kommen bei b erst das vierte, siebente, zehnte über das erste zu stehen. Bei c schließlich ist die im Pflanzenreich weit verbreitete $^2/_5$-Divergenz dargestellt. Weitere häufig wiederkehrende Divergenzen werden durch die Brüche $^3/_8$, $^5/_{13}$, $^8/_{21}$ usw. bezeichnet; alle diese Werte liegen zwischen $^1/_2$ und $^1/_3$.

Blätter, die genau übereinander stehen — gleichviel ob durch lange oder kurze, wenige oder zahlreiche Internodien voneinander getrennt — bilden zusammen eine Gradzeile oder Orthostiche. Bei $^1/_2$-Stellung sind zwei, bei $^1/_3$-Stellung drei, bei $^2/_5$-Stellung fünf Orthostichen am Sproß vorhanden.

Verbindet man die Ansatzstellen der aufeinander folgenden Blätter eines Sprosses durch eine Linie, so erhält man eine die Achse in steilen oder flachen Windungen umkreisende Schraubenlinie, die Grund-

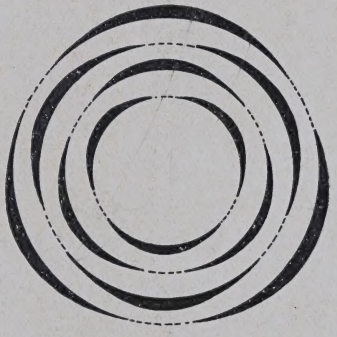


Fig. 19. Wirtelständige Blätter des Oleanders (*Nerium*). Rechts schematische Darstellung von vier Wirteln.

spirale (Fig. 21). Wechselständige Beblätterung wird daher als spiralige oder schraubige bezeichnet. Man konstruiert eine Grundspirale, indem man stets auf dem kürzeren Wege von einem Blatt zum nächsten zu gelangen sucht. Während der Wert des Divergenzbruches für eine Pflanzenart charakteristisch zu sein pflegt, ist die Richtung der Grundspirale wechselnd: an Pflanzen, deren Blätter $^1/_3$- oder $^2/_5$-Divergenz haben, treten ebenso viel rechts wie linksläufig gebaute Sprosse auf.

Wenn die Divergenzbrüche hoch sind, so daß die Grundspirale nicht nach einem (Fig. 21 a und b) oder nach zwei Umgängen (Fig. 21 c) zu einem genau über dem Ausgangspunkt stehenden Blatte gelangt, und wenn die Internodien kurz sind, so daß die Umgänge der Grundspirale um die Achse

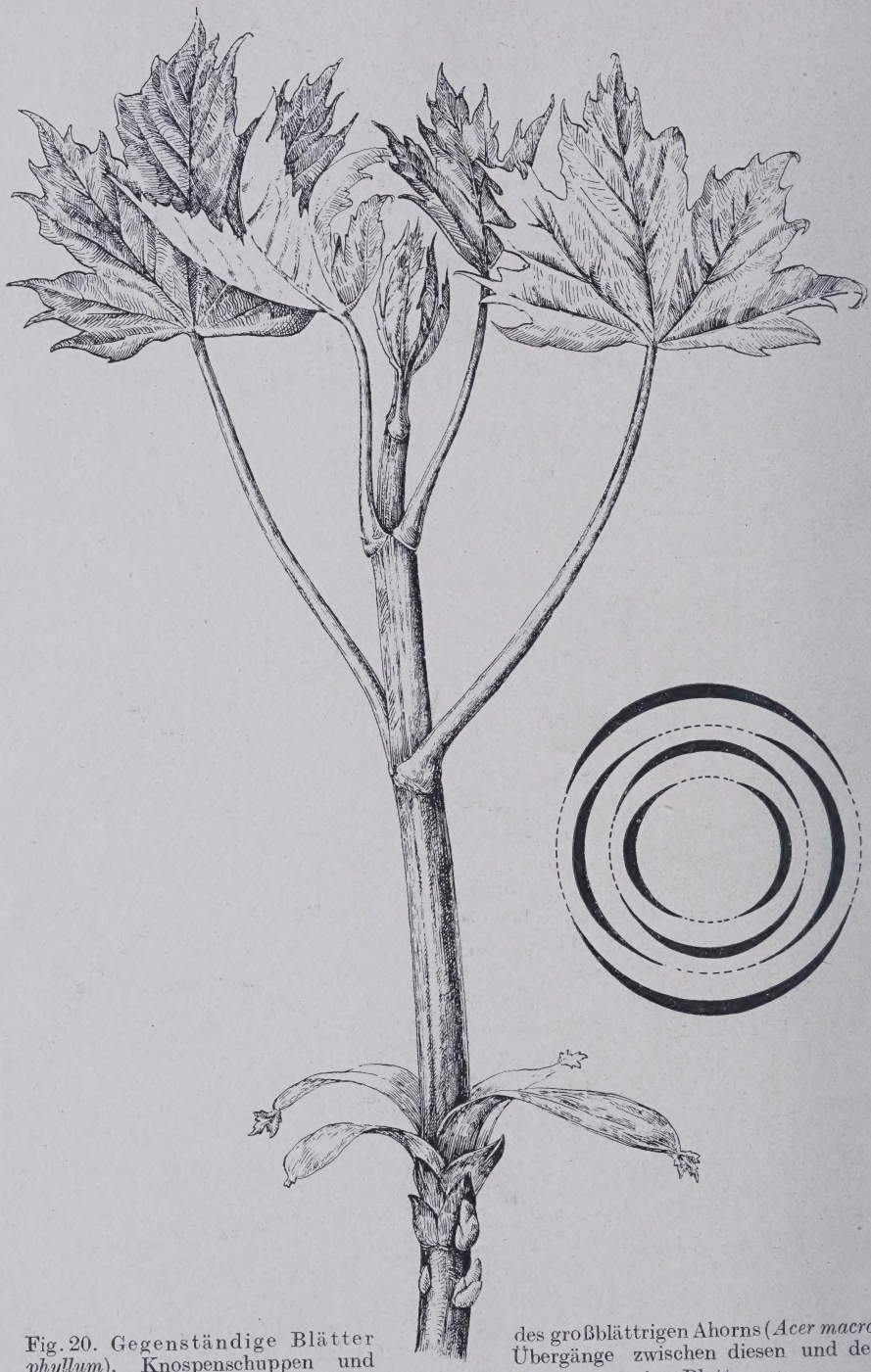


Fig. 20. Gegenständige Blätter des großblättrigen Ahorns (*Acer macrophyllum*). Knospenschuppen und Übergänge zwischen diesen und den Laubblättern. Rechts schematische Darstellung von vier Blattpaaren.

flach bleiben, so sind die Orthostichen sehr viel schwerer zu erkennen als bei Sprossen mit $\frac{1}{2}$-, $\frac{1}{3}$- oder $\frac{2}{5}$-Divergenz; statt jener werden schraubig verlaufende Zeilen erkennbar, Schrägzeilen oder Parastichen, die stets in größerer Steilheit als die Grundspirale — rechts- und linksläufig mit verschiedenen Neigungswinkeln — die Achse umkreisen. Die Zapfen der Nadelbäume sind blätterreiche Sprosse, deren Divergenzverhältnisse dem Gesagten entsprechen (Fig. 22).

Die Verzweigung der Kormophyten erfolgt nur ausnahmsweise nach dem Prinzip der dichotomen Gabelung (Fig. 7), d. h. durch Teilung eines Vegetationspunktes (Bärlappgewächse). Im allgemeinen entspricht ihre Verzweigung dem monopodialen Schema, indem hinter dem Vegetationspunkt des Hauptastes oder der Achse I. Ordnung die Vegetationspunkte der Seitenäste (Achsen II., III. usw. Ordnung) entstehen (Fig. 8). Diese Anlagen bilden sich aber nicht an ausgewachsenen Teilen des Vegetationskörpers, sondern noch an dem im Wachstum begriffenen Vegetationspunkt und in unmittelbarer Nähe seiner äußersten Spitze. An den Vegetationspunkten sehr vieler Pflanzen sieht man über der Anheftungsstelle der jungen Blätter bereits eine ansehnlich große rundliche Vorwölbung (Fig. 17 b): jene wachsen schnell heran, diese bleibt im Wachstum stark zurück und in dem Winkel zwischen Achse und Blatt, in der Blattachsel, als Knospe erhalten (Achselknospe).

Knospen entstehen in der Achsel aller Blätter; sie enthalten einen in allen wesentlichen Punkten dem des Hauptastes gleichenden Vegetationspunkt mit Vegetationskegel und jungen Blatthöckern. Sie können nach längerer oder kürzerer Ruhe zu Seitensprossen (Achselsprossen, Achseltrieben) werden.

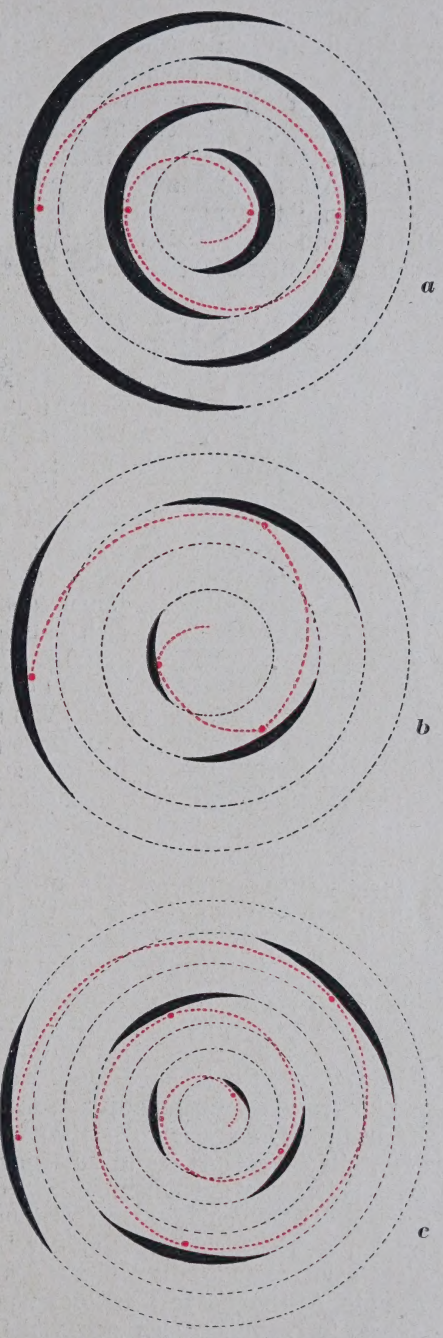


Fig. 21. Wechselständige Blätter. Schematische Darstellung der *a* $\frac{1}{2}$-Blattstellung, *b* $\frac{1}{3}$-Blattstellung, *c* $\frac{2}{5}$-Blattstellung. Die Grundspirale mit roter Farbe eingetragen.

Nur ausnahmsweise bilden sich neue Vegetationspunkte an anderen Stellen als in der Blattachsel — am häufigsten auf Wurzeln, auf welchen sie die als Wurzelbrut bekannten Sproßscharen entstehen lassen (Silberpappel, Pflaumenbaum), oder auf verheilenden Wundflächen (Baumstümpfen der Pappeln usw.), seltener auf Blättern (*Begonia*, manche Farnkräuter) oder an beliebigen Stellen der Internodien (Keimlinge von *Euphorbia*). Triebe solcher Art nennt man Adventivtriebe.

Von ihnen abgesehen, bleibt die Bildung von Seitenzweigen an das Blatt gebunden. Die Verteilung und Stellung der Seitenzweige verrät daher auch am winterlich entlaubten Baum, welcher Art Verteilung und Stellung der Blätter waren — vorausgesetzt, daß alle Achselknospen, die angelegt worden sind, auch wirklich austreiben. In vielen Fällen freilich bleiben viele Achselknospen, die sog. „schlafenden Augen", jahre- oder jahrzehntelang untätig, bis irgendwelche Umstände sie zum Treiben veranlassen.

Fig. 22. Nadelbaumzapfen mit deutlichen Schrägzeilen (*Pinus silvestris*). Von links unten nach rechts oben steigen die Schrägzeilen mit größerer Steilheit an als von rechts unten nach links oben.

Eine weitere Komplikation kommt dadurch in das Verzweigungsbild, daß sehr oft in einer Blattachsel mehr als eine Achselknospe entstehen. Man spricht dann von Beiknospen. Die von ihnen gelieferten Sprosse können ungleichartig sich entwickeln; beim Stiefmütterchen (*Viola tricolor*) entstehen aus vielen Blattachseln ein blütentragender und später ein beblätterter Seitensproß.

Wenn auch die Verzweigung der Kormophyten so gut wie immer auf monopodiale Sproßbildung zurückgeht, so kommen doch sehr verschiedenartige Verzweigungsbilder bei ihnen zustande, namentlich dadurch, daß das Wachstumsschicksal der Hauptsprosse und ihrer Seitenzweige sehr ungleich sich gestalten kann.

Bei gegenständiger Beblätterung entstehen immer auf gleicher Höhe zwei Seitenäste; wenn der Hauptast mit Bildung einer Blüte oder eines Blütenstandes sein Wachstum einstellt, so wird nach Verlust dieses Gebildes (Mistel, Flieder) durch das oberste Paar von Seitenzweigen der Anschein erweckt, als handele es sich um Gabelung des Hauptvegetationspunktes; Verzweigung dieser Art heißt falsche Dichotomie. Beim Kreuzdorn (*Rhamnus cathartica*) kommt ähnliches dadurch zustande, daß die Spitze des Hauptastes zu einem Dorn wird, und unterhalb des Dorns zwei Seitenäste entstehen.

Bei Pflanzen mit wechselständiger Beblätterung ist sympodiale Verzweigung nicht selten. Bei der Linde geht am Ende der sommerlichen Vegetationsperiode die Spitze des Hauptastes regelmäßig zugrunde; die oberste Achselknospe setzt das Wachstum des Hauptsprosses im nächsten Jahre fort, indem sich der von ihr gelieferte Trieb in dessen Richtung einstellt. Wie die Sproßsysteme der Linde sind auch die der Birke, der Ulme, Weide und Hainbuche, oft auch die der Rotbuche gebaut: bei allen entsteht in jedem Jahr ein Abschnitt des Sympodiums.

Analoge Komplikationen werden uns noch bei Behandlung der unterirdischen Sproßformen beschäftigen.

Die Zweige des Rebstockes (*Vitis*) oder des wilden Weins (*Ampelopsis*) stellen Sympodien dar, bei welchen die Fortsetzung des Hauptsprosses durch einen in seine Richtung sich einstellenden Seitenast in jeder Vegetationsperiode sich mehrere Male wiederholt. Nach kurzer Vegetationsdauer endet jeder Trieb mit einem Blütenstand oder als Ranke; die Triebspitze wird in dieser oder jener Gestalt beiseite gedrängt, und ein Seitenast stellt sich in die Richtung seines Hauptastes ein (Fig. 23).

Fig. 23. Sympodialer Sproßaufbau (*Ampelopsis*).

Bei unsern Bäumen pflegen die in den Achseln der Blätter sitzenden Knospen erst nach dem Ableben der Blätter in der folgenden Vegetationsperiode zu treiben. Bei den Kräutern treiben sehr oft die Knospen sogleich nach ihrer Entstehung, so daß in vielen Fällen schon im Laufe einer Vegetationsperiode zahlreiche Sproßgenerationen einander folgen.

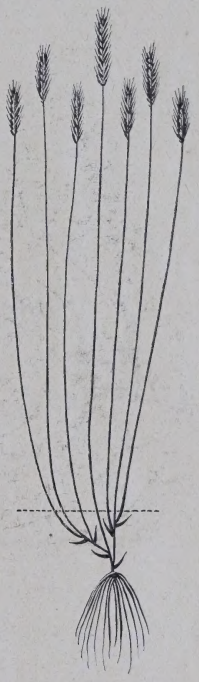


Fig. 24. Bestockung einer Getreidepflanze; Anfangsstadium; erst drei Sproßgenerationen haben sich gebildet (Schema).

Die Halme unserer Getreidepflanzen „bestocken" sich, indem an den untersten beiden Knoten schon sehr frühzeitig Seitenäste entstehen, und diese an ihren untersten Knoten sogleich wieder Äste III. Ordnung bilden; indem sich mehrere Sproßgenerationen in der kürzesten Zeit folgen, kann die Bestockung schließlich mehr als hundert Halme stark werden, von welchen freilich nur die stärksten zur Ährenbildung kommen (Fig. 24).

Wie bei den Getreidepflanzen findet auch bei vielen andern Kräutern eine geförderte Zweigbildung an den untersten Internodien statt; an den mittleren Abschnitten der Pflanze ist die Neigung zur Verzweigung oft gering; in den oberen, der Blütenregion, nimmt sie wieder zu und erreicht

ein überraschend hohes Maximum in manchen dicht verästelten Blütenständen, d. h. in blütentragenden Sproßsystemen, die sich durch die Art der Verzweigung, durch die Qualität ihrer Blätter oder in anderer Weise von den vegetativen Teilen der Pflanze scharf absetzen (s. u.). —

Ein Vergleich der Seitenäste untereinander und mit dem Hauptsproß deckt ähnliche Unterschiede auf, wie sie vorhin bei Betrachtung der Glieder verzweigter Thalli sich ergaben: die Äste können unter sich in allen wesentlichen Punkten übereinstimmen oder sich in Wachstumsrichtung und Wachstumsintensität, in Organproduktion und andern Eigenschaften mehr oder minder auffällig von einander unterscheiden.

Besonders deutlich zeigt sich an schön gewachsenen Kronen unserer Nadelbäume, daß der Hauptast aufrecht steht, die Seitenäste horizontal oder geneigt sich entwickeln; jener ist orthotrop, diese sind plagiotrop.

Ungleiche Wachstumsintensität der Zweige führt zur Unterscheidung von Lang- und Kurztrieben. Langtriebe haben gestreckte Inter-

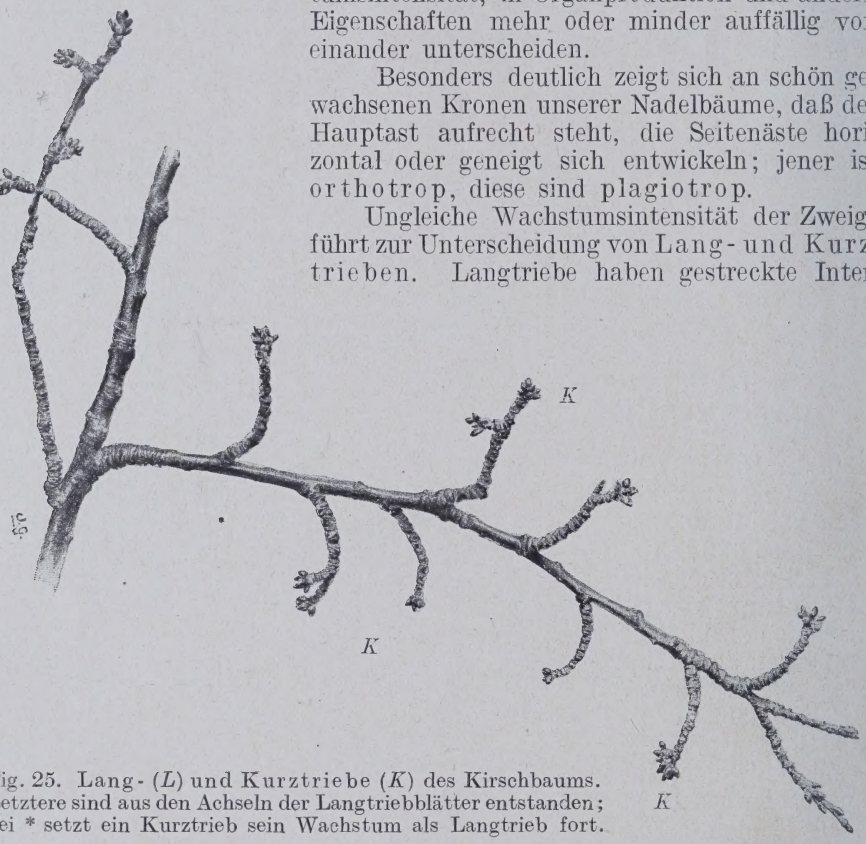


Fig. 25. Lang- (*L*) und Kurztriebe (*K*) des Kirschbaums. Letztere sind aus den Achseln der Langtriebblätter entstanden; bei * setzt ein Kurztrieb sein Wachstum als Langtrieb fort.

nodien und liefern während einer Vegetationsperiode in schnellem Wachstum lange „Ruten". Die Kurztriebe wachsen langsam und verlängern sich in Jahren oft nur um wenige Millimeter oder Zentimeter; die Blätter bedecken in dichter Folge die Oberfläche der Kurztriebe, die sich durch ihr schartiges Aussehen auch in winterlich kahlem Zustand ohne Mühe von den Langtrieben unterscheiden lassen (Fig. 25). Aus den Achselknospen der Langtriebe entstehen bei unseren Laubbäumen gewöhnlich in der nächstfolgenden Vegetationsperiode Kurztriebe, während diese gewöhnlich unverzweigt bleiben. Namentlich an vielen einheimischen Laub- und Nadelbäumen ist der Unterschied zwischen Lang- und Kurztrieben sehr auffällig und für das Zustandekommen des Baumhabitus bedeutungsvoll.

Die Lang- und Kurztriebe unterscheiden sich voneinander durch die Dauer und Qualität ihrer Organproduktion. Die Kurztriebe der Buche können viele Jahre alt werden, in jedem um einen geringen Zuwachs sich verlängernd; die Kurztriebe der Birke sterben nach wenigen Jahren ab, die der Waldkiefer produzieren nur im ersten Jahr zwei Blätter (Fig. 34), stellen dann ihr Wachstum ein, bleiben aber — je nach den Lebensbedingungen des Baums — drei bis fünf Jahre am Leben. Wichtige Unterschiede in der Organproduktion zeigen die Triebe der Kirsche: nur an den Kurztrieben entstehen Blüten und Früchte. Bei der Berberitze tragen die Kurztriebe typische grüne Blätter, die Langtriebe aber zu Dornen um-

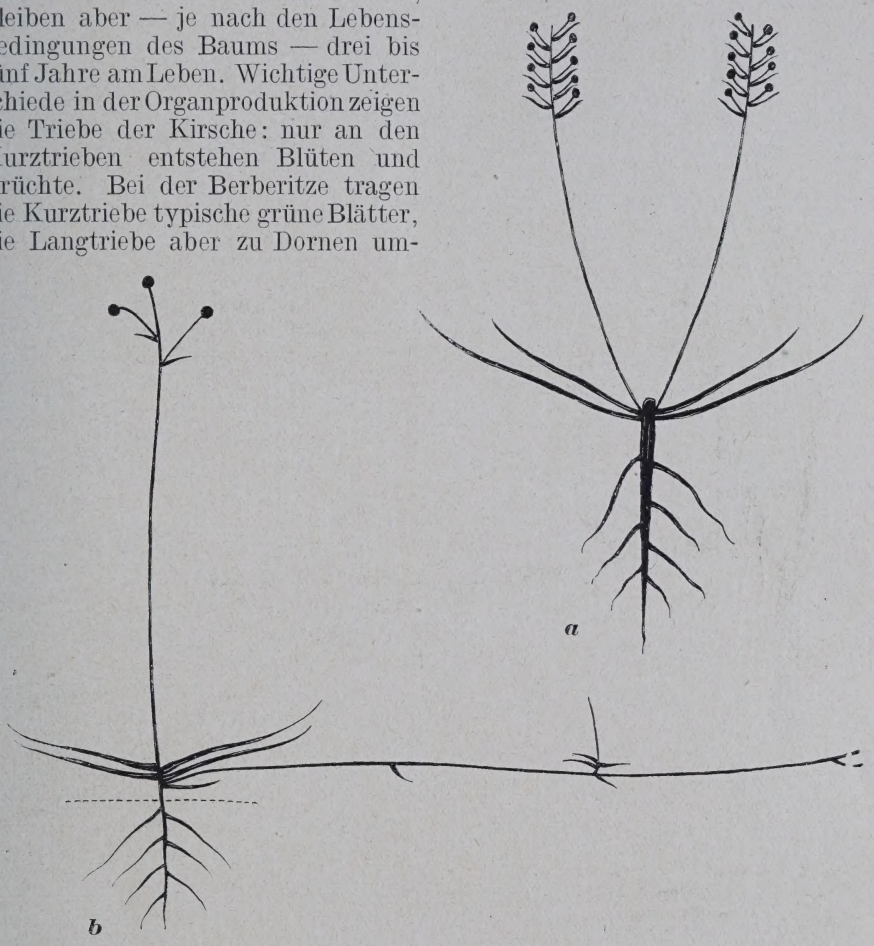


Fig. 26. Kurz- und Langtriebe krautartiger Gewächse; *a* Wegebreit (*Plantago*), *b* Hügelerdbeere (*Fragaria collina*).

gewandelte Blätter (Fig. 41). Sprosse, die zuerst als Kurztriebe gewachsen sind, können nach Jahren plötzlich ihr Wachstum in Langtriebform fortsetzen (Fig. 25); bei den Kurztrieben der Lärche ist das die Regel.

Auch die Blüte kann als ein Kurztrieb besonderer Art aufgefaßt werden, der nach Produktion mehr oder minder zahlreicher, dicht gedrängter und mannigfaltig metamorphosierter Blätter sein Wachstum einstellt. Auf die morphologischen Eigentümlichkeiten der Blüte wird später eingehend zurückzukommen sein.

Noch in vielen anderen Beziehungen unterscheiden sich die Hauptäste und die Seitenäste verschiedener Ordnung voneinander, namentlich durch ihre Beziehungen zum Blühen. Nicht alle Triebe können mit einer Blüte endigen: in vielen Fällen geht diese Fähigkeit den Hauptästen ab und kommt erst den Seitenachsen zu. Pflanzen, deren Achse I. Ordnung bereits zur Blüte kommen kann, heißen einachsig; Pflanzen, die erst an den Enden der Achsen II. Ordnung Blüten tragen, heißen zweiachsig usw.; eine dreiachsige Pflanze ist z. B. der Wegebreit (Fig. 26 a).

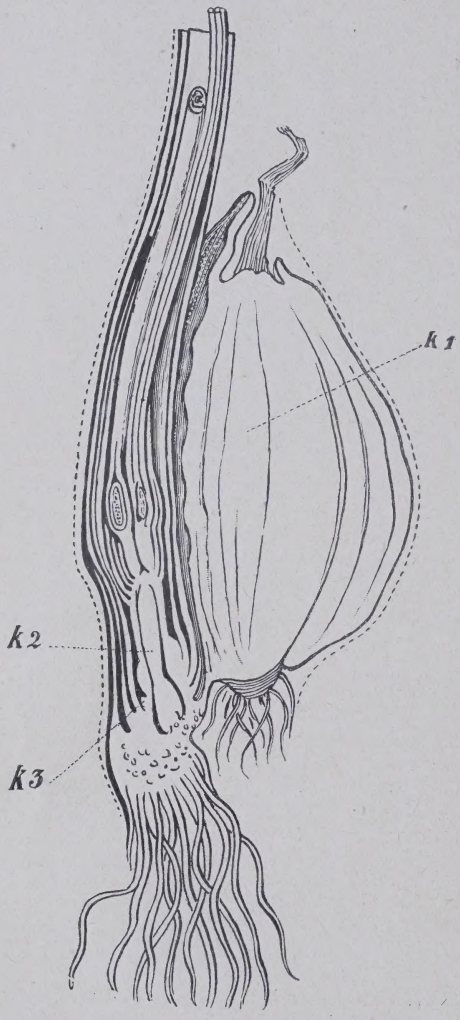


Fig. 27. Knolle der Herbstzeitlosen (*Colchicum autumnale*); Längsschnitt. Nach Sachs.

Auch an krautigen Pflanzen entstehen oft Triebe verschiedener Art, die sich mit den Lang- und Kurztrieben der Bäume vergleichen lassen. Beim Wegebreit (*Plantago*) wächst die Achse I. Ordnung als Kurztrieb in Rosettenform, ihre Seitenachsen wachsen zu stattlicher Länge heran und tragen kleine Blättchen, in deren Achseln die Blüten entstehen (Fig. 26 a). Bei der Hügel-Erdbeere (*Fragaria collina*) wachsen aus den Rosettenblättern der Hauptachse Langtriebe mit gestreckten Internodien hervor, die aus ihren Achseln wiederum Kurztriebe (Rosetten) entstehen lassen. —

Alles bisher Gesagte bezog sich auf typisch entwickelte Sprosse. Bei vielen Pflanzen finden sich atypisch gebaute Sprosse mannigfaltigster Art. Sie unterscheiden sich von den typischen vielfach durch ihre unterirdische Lebensweise. Auch diejenigen Sprosse, welche sich von den typischen besonders sinnfällig unterscheiden, werden an den früher erörterten Merkmalen als Sprosse erkannt, vor allem an ihrer Entstehung, der Art ihrer Verzweigung und an dem Besitz von Blättern.

1. Knollen. Rundlich angeschwollene Achsen heißen Knollen.

Der Stamm der Kohlrabipflanze vermag faustgroße Verdickungen zu liefern, die reichlich mit Blättern besetzt sind.

Weiter verbreitet als oberirdische sind die unterirdischen Knollen, an welchen oft nur sehr unscheinbare Blattorgane sich entwickeln.

Die nußgroßen Knollen des Safrans (*Crocus*), die Kartoffelknollen und

die kopfgroßen Knollen des Rhabarbers („*Rhizoma Rhei*“ der Apotheke) geben Beispiele für die verschiedenen Größenordnungen der Knollen.

Die Entwicklungsgeschichte der Knollen und ihre Beziehungen zu den andern Organen der Pflanze sind verschieden.

Die Knolle des Alpenveilchens (*Cyclamen europaeum*) ist ein stark verdicktes Stengelstück, das in vieljährigem Wachstum zu einem ansehnlichen, kissenähnlichen Gebilde wird.

Bei der Herbstzeitlosen (*Colchicum autumnale*) ist die Knolle ein einjähriges Gebilde; man findet an der Basis der blühenden Pflanze eine von einer abgestorbenen braunen Hülle umgebene Knolle (Fig. 27 K_1); auf ihrem Gipfel sieht man noch die Reste der toten oberirdischen Teile der vorjährigen Pflanze. Aus der Achsel eines (nicht mehr vorhandenen) Blattes entsteht ein Seitentrieb, an dem sich drei kurze Blätter entwickeln, deren letztes in seiner Achsel bereits eine Seitenknospe zeigt (K_3). Auf die drei Blätter folgt ein gestrecktes Internodium (K_2), auf welches weiterhin mehrere Blätter und mehrere gipfelständige Blüten folgen. Im Herbst entwickeln sich diese zu hochaufschießenden Gebilden; die in K_1 deponierten Stoffe wandern nach K_2 und in die jungen Früchte; K_1 entleert sich bis zum Frühjahr vollkommen, und K_2 wird im Lauf des Jahres zu einer dicken Knolle. Die an der Basis von K_2 entstandene Knospe liefert den nächstjährigen Blütensproß. Jede Knolle entspringt demnach aus einem Internodium, erscheint in Einzahl und lebt nur ein Jahr.

An der Kartoffelpflanze entstehen, wie bekannt, Knollen in großer Zahl (30 bis 40 und darüber): aus den Achseln der untersten Blätter entstehen unterirdische, horizontal im Boden sich verbreitende Langtriebe, „Ausläufer“, mit schuppenähnlichen Blättchen (Fig. 28). Die Triebspitzen werden durch gewaltiges Dickenwachstum zu Knollen. An jeder von diesen kann man auch nach der Reife, d. h. nach Zerfall der Ausläufer, die die jugendliche Knolle mit der Mutterpflanze verbanden, sowohl die Stelle sehen, an welcher der Ausläufer ansaß, als auch zahlreiche „Augen“, deren eines der Endknospe des Ausläufers, die andern den Seitenknospen der Triebspitze entsprechen; sie alle entstehen in der Achsel sehr unscheinbarer Blättchen, die aber an jugendlichen unreifen Knollen oft noch deutlich wahrnehmbar sind. Ähnlich entstehen die Knollen des Topinambur (*Helianthus tuberosus*). Diese wie jene entsprechen zahlreichen Internodien.

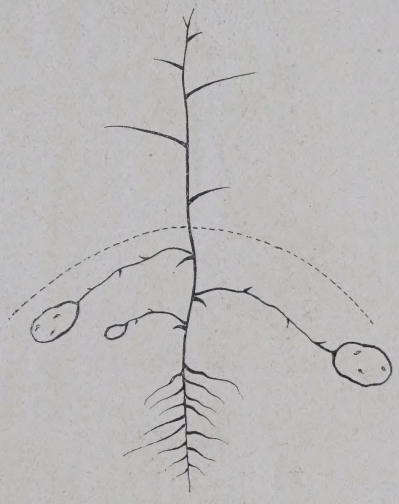


Fig. 28. Knollenbildung der Kartoffel. Schema.

Bei der Curcumapflanze (*Curcuma longa*) entstehen rundliche Knollen an der Basis der Pflanze und aus ihren Achselknospen dicke, fingerförmige, abwärts wachsende Seitentriebe, deren Endknospen zu neuen Knollen anschwellen und nach oben einen blühenden Sproß entsenden; außerdem entstehen auch an der neuen Knolle dicke Ausläufer (Fig. 29). Organe beiderlei Art liefern das „*Rhizoma Curcumae*“.

2. Rhizome oder Wurzelstöcke sind unterirdische Sprosse von gestreckter Gestalt. Die dünnen, schnurförmigen Rhizome der Quecke (*Triticum repens*), die knolligen Rhizome der Schwertlilie (Fig. 31), die stabförmigen des Kalmus (*Acorus calamus*, Fig. 30) u. v. a. wachsen horizontal; die Rhizome des Germers (*Veratrum album*) und das des Wasserschierlings (*Cicuta virosa*), das in seinem Innern große, flache, lufterfüllte, in großer Zahl übereinander lagernde Hohlräume aufweist, stehen senkrecht im Boden.

Wagerecht wachsende Rhizome erreichen oft eine erstaunliche Länge und sind meist ausgesprochen dorsiventral gebaut; lotrecht stehende Rhizome werden oft ansehnlich dick und sind radiär gebaut. Alle

Rhizome werden an dem Bau ihres hüllenlosen Vegetationspunktes und an der Beblätterung als Sprosse erkannt.

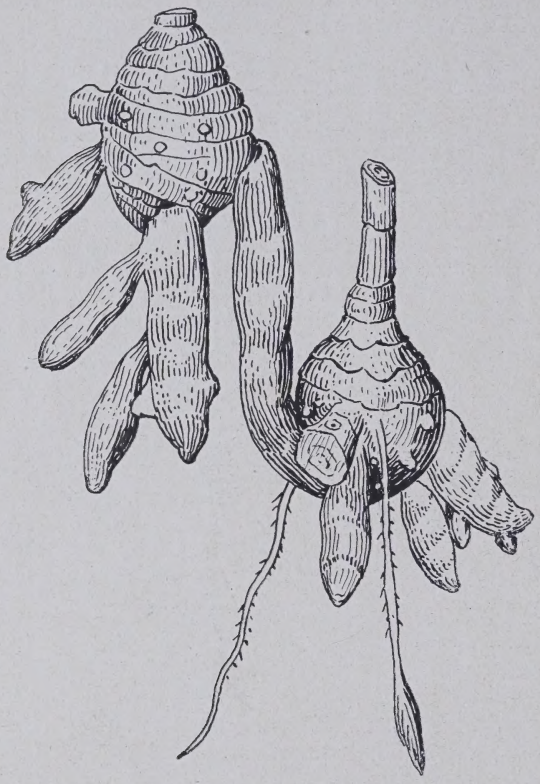


Fig. 29. Knollen und Ausläufer von *Curcuma longa*. Nach A. Meyer.

Das Rhizom des Kalmus (*Acorus calamus*) wächst horizontal; auf seiner Unterseite entstehen Wurzeln, oben trägt es Blätter. In den Achseln der letzteren entwickeln sich Achseltriebe. Die Endknospe des Rhizoms liefert einen nach oben umbiegenden Sproß, der Blätter und Blüten entwickelt (Fig. 30). Das Wachstum des Rhizoms wird durch eine an der Basis des blühenden Sprosses entstandene Achselknospe fortgesetzt; der Wurzelstock ist also ein sich sympodial verzweigendes Gebilde (s. o., Fig. 9 II).

Ähnliche Wachstumsverhältnisse wiederholen sich bei dem Rhizome der Schwertlilien (*Iris germanica, I. florentina* u. a., Fig. 31). Die Stellen, an welchen das Rhizom seine horizontale Wachstumsweise aufgab und nach oben strebte, und an welchen der oberirdische Sproß nach Abschluß der Vegetationsperiode abstarb, bleiben deutlich erkennbar.

Bei *Polygonatum officinale*, dessen Rhizome früher offizinell waren („*Radix sigilli Salomonis*"), sind diese Bruchstellen wie tiefe Eindrücke eines Petschaftes sichtbar und erklären den Namen der Pflanze (Salomonssiegel).

Beim Ingwer (*Zingiber officinale*) ist das Rhizom reich verzweigt. Während bei *Iris* u. a. das ganze unterirdische Sproß-

Fig. 30. Horizontales, dorsiventrales Rhizom (*Acorus calamus*); von den Blättern des Rhizoms sind nur noch Reste sichtbar.

system in einer horizontalen Ebene liegt, liegen die Zweige des Ingwerrhizoms in einer vertikalen.

Selten ist die Verzweigung eines Rhizoms monopodial: bei der giftigen Einbeere (*Paris quadrifolia*) sind die nach oben wachsenden Laub- und Blütensprosse nicht die Spitzen der nach oben umbiegenden Horizontalsprosse, sondern die Seitenäste eines solchen.

3. Zwiebeln. Unterirdische oder auf der Erdoberfläche ruhende Sprosse mit dichtgedrängten fleischigen Blättern und stark reduzierter Achse heißen Zwiebeln. Den Knollen ähneln sie oft in der Form; sie unterscheiden sich von ihnen dadurch, daß ihre Masse vorzugsweise aus Blättern besteht. Die Achse der Zwiebeln ist gewöhnlich flach, kegel- oder scheibenförmig

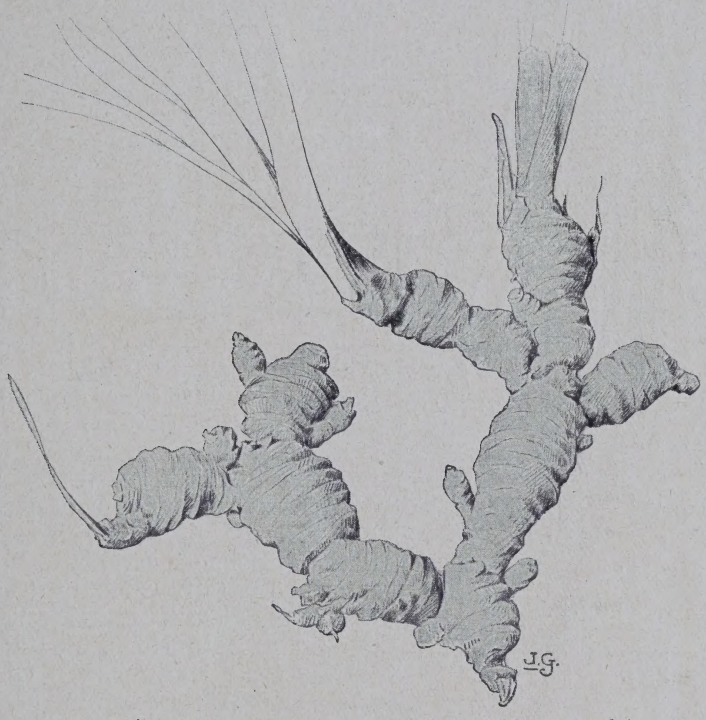


Fig. 31. Horizontales, dorsiventrales Rhizom, *Iris sp.*

(Zwiebelkuchen); ihre Blätter (Zwiebelschuppen) sind oft die untersten Stücke der Laubblätter, die vor oder nach dem Absterben der grünen oberirdischen Anteile sich stark verdickt haben. Nach Verbrauch der in ihnen lagernden Depotstoffe werden die Zwiebelschuppen dünn und brüchig. Bekannte Beispiele sind die Küchenzwiebel (*Allium cepa*), die Zwiebeln der Tulpen (Fig. 32) und Hyazinthen, der offizinellen Meerzwiebel (*Urginea maritima*) usw. In den Achseln der Zwiebelschuppen entstehen zwiebelförmige Seitensprosse in Ein- oder Mehrzahl (die „Zehen" des Knoblauchs, *Allium sativum*).

Oberirdische und in großem Abstand von der Erdoberfläche sich entwickelnde Zwiebeln finden sich vor allem in den Achseln mancher Pflanzen: sie lösen sich von diesen los, fallen zu Boden und bewurzeln sich; weiterhin erscheinen solche in den Blütenständen mancher *Allium*-Arten (*A. sativum* u. a. vgl. Fig. 138).

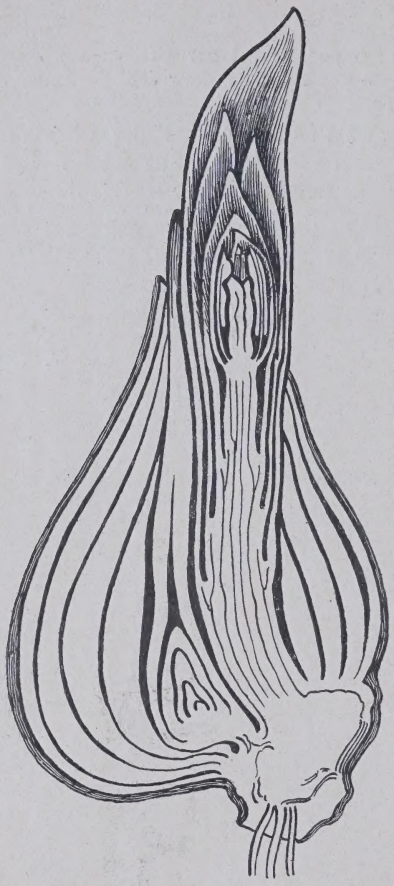


Fig. 32. Zwiebeln (*Tulipa*). Links von dem blühenden Sproß eine Brutzwiebel. Nach Sachs.

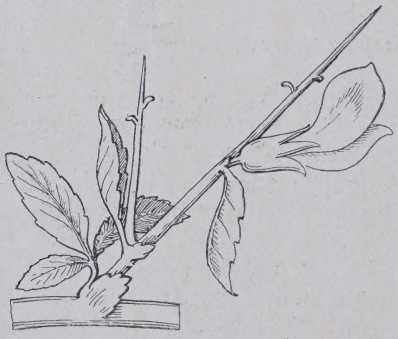


Fig. 33. Sproßdorne (*Ononis spinosa*).

An oberirdischen Pflanzenteilen begegnen uns ferner folgende Sproßmetamorphosen:

4. Sproßdorne. Die Spitzen der sich metamorphosierenden Zweige stellen ihr Wachstum ein und liefern ein hartes, spitzes, blattloses oder mit kleinen Blättchen besetztes, verzweigtes oder unverzweigtes Gebilde. Mit Dornen dieser Art sind die Hauhechel (*Ononis spinosa*, Fig. 33), die Schlehe (*Prunus spinosa*), der Kreuzdorn (*Rhamnus cathartica*) u. a. bewaffnet.

5. Sprößranken, d. h. Sproßabschnitte, die sich zu verzweigten und unverzweigten, gemäß ihrer Sproßnatur mit kleinen Blättchen ausgestatteten, auf Kontaktreiz empfindlichen, schraubig gewundenen Haftorganen umgewandelt haben, begegnen uns bei dem Rebstock und dem „wilden" Wein (s. o. p. 21).

6. Phyllokladien sind Sproßabschnitte, deren Achsen nicht zylindrisch-schlanken Stäben gleichen, sondern flache, platten- oder blattartige Beschaffenheit haben. Ihre Entwicklungsgeschichte, ihre Verzweigung und anatomische Struktur lassen erkennen, daß sie Achsen sind und nur in der äußeren Form Blattspreiten ähnlich sehen. Der flache, platten- oder blattartige Vegetationskörper der Opuntien (Cactaceae) besteht aus dicken, harten Phyllokladien; die zarte Benadelung, die am Vegetationskörper des Spargels (*Asparagus officinalis*) Blätter vortäuscht, besteht aus schmalen Phyllokladien, die als kurze blattlose Seitensprosse aus der Achsel unscheinbarer häutiger Blättchen sich entwickeln.

* * *

Wir wenden uns nunmehr zur Betrachtung des einzelnen **Blattes.**

Blätter sind Gebilde, welche exogen, d. h. an der Oberfläche eines Sproßvegetationspunktes entstehen. Ein grundsätzlicher Unterschied zwischen Blatt und Achse liegt darin, daß das Wachstum der Achse theoretisch unbegrenzt sich fortsetzt, während das des Blattes nach kurzer Dauer zum Abschluß kommt.

In der Entwicklung des Blattes folgt auf die Phase des Primordialblattes (s. o., Fig. 17 a) eine weitere, in der sich ein unterer, der Achse aufsitzender Teil, der Blattgrund, von dem oberen, dem Oberblatt, irgendwie unterscheiden läßt (Fig. 17 b).

Am ausgewachsenen Blatte sind die Blattspreite, d. h. der grüne, blattdünne, oft weitgehend gegliederte und in mächtigen Dimensionen sich entwickelnde Teil, und der Blattstiel, ein schlankes zylinderähnliches Organ von wechselnder Länge zu unterscheiden, das die Spreite mit der Achse verbindet. Das unterste Stück des Stieles ist oft kolbenförmig verdickt (Fig. 21) oder geht in eine Scheide d. h. einen röhren- oder hülsenförmigen Teil über, oder wir sehen neben dem Blattstiel an der Achse ein Paar

Fig. 34. Verschiedene Blattformen: Nadeln (*Pinus silvestris*); je zwei Blätter stehen an einem Kurztrieb.

Fig. 35. Verschiedene Blattformen: Schuppen (*Juniperus sabina*); je zwei Schuppen in dekussierter Stellung einander gegenüber. Nach Berg-Schmidt.

kleiner, oft früh sich ablösender Blättchen, die Nebenblätter, sich entwickeln. Bei den höheren Vertretern der Kormophyten ist die hier geschilderte Gliederung der Blattorgane weit verbreitet; die Blätter der Moose sind zumeist ungegliederte, runde oder linealische Gebilde; ihnen ähnlich sind die schmalen Blättchen, welche die Sprosse des Bärlapps (*Lycopodium*) belauben; bei den Koniferen erscheinen die Blätter in Gestalt ungegliederter „Nadeln“ (Fig. 34) oder Schuppen (Fig. 35).

In verschiedenen Höhen des Sprosses pflegt sich auch die Qualität der Blätter zu ändern. Ein Sämling entwickelt zuerst die Keimblätter oder Kotyledonen — Blätter, die von den folgenden meist durch besonders einfache Form sich unterscheiden. Bei den Laubbäumen und vielen krautigen Gewächsen sind stets zwei Keimblätter vorhanden; wir nennen Pflanzen solcher Art Dikotyledonen oder zweikeimblättrige Gewächse; bei Gräsern, Lilien usw. ist nur ein Keimblatt vorhanden — wir nennen diese Gruppe Monokotyledonen; bei den Nadelbäumen schließlich ist die Zahl der Keimblätter größer als zwei, sie steigt bei der Fichte bis auf 10.

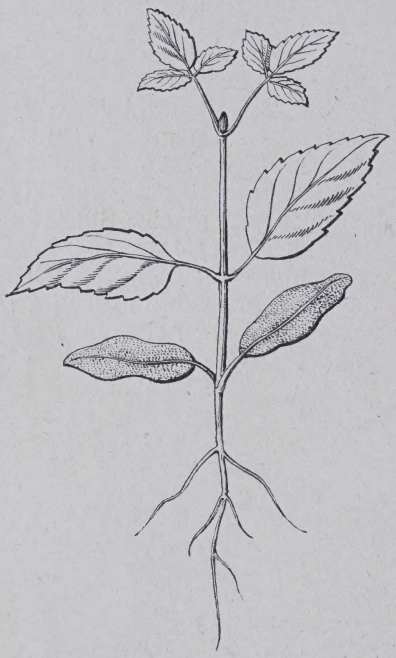


Fig. 36. Keimling und Jugendform der Esche (*Fraxinus*). Auf die Keimblätter folgen zwei ungeteilte, auf diese zwei dreizählige Primärblätter; alle Blätter in eine Ebene gelegt.

Auf die Keimblätter folgen die Laubblätter. Nicht immer sind schon die ersten so groß und reichgegliedert wie die späteren; man bezeichnet die kleinen und abweichend gestalteten Erstlinge als Primärblätter und spricht von einer Jugendform der Sprosse und Blätter und von einer sie früher oder später ablösenden Folgeform, die die definitiven Merkmale der ausgewachsenen Pflanze aufweist (Fig. 36). In der Blütenregion werden meistens die Laubblätter wieder kleiner.

Ähnliche Wandlungen macht das Blatt nicht nur beim Heranwachsen eines jungen Organismus, sondern bei jedem Jahrestrieb vieljähriger Pflanzen durch. Der Jahrestrieb eines Ahorns und vieler anderer Bäume beginnt mit der Produktion mehrerer sehr einfach gestalteter, kleiner, ungegliederter Blätter, die als Knospenschuppen im Winter den Vegetationspunkt bedecken. Zwischen ihnen und den wohlentwickelten Laubblättern vermitteln oft Übergangsformen (vgl. Fig. 20).

Blätter, die unterhalb der Laubblattregion stehen, heißen Niederblätter; sie sind stets durch geringe Größe und einfache Gestalt von den Laubblättern unterschieden. Namentlich an unterirdischen Sprossen, an Knollen und Rhizomen, und als Knospenschuppen haben sie eine große Verbreitung im Pflanzenreich.

Hochblätter sind diejenigen abweichend gestalteten Blätter, die über der Region der Laubblätter stehen. Auch sie bleiben oft hinter diesen in Größe und Gliederung zurück; doch fehlt es nicht an Fällen, in welchen die Hochblätter besonders stattliche und durch Farbenpracht ausgezeichnete Organe sind (*Poinsettia*, Fig. 37).

Ihre reichste Gliederung zeigen die Blätter der höheren Pflanzen als Laubblätter (s. o.), insbesondere ihre Spreiten.

Die Spreiten messen bei vielen Kräutern nur wenige Quadratmillimeter, bei Farnen, Palmen u. a. werden sie mehrere Meter lang; der Durchmesser der runden Blätter von *Victoria regia* beträgt $2\frac{1}{2}$ m. Die Spreiten sind äußerst mannigfaltig und charakteristisch gestaltet.

Die beschreibende Morphologie unterscheidet viele **Blattformen** und Blattarten.

Nach der **Anheftungsweise des Stiels:** ist dieser in der Mitte der Spreite mit dieser verbunden, so ist das Blatt schildförmig (Kapuzinerkresse [*Tropaeolum*], Fig. 38 a, *Victoria regia*).

Nach der **Plastik des Blattes:** besonders saftige, bis mehrere Zentimeter dicke Blätter heißen fett oder sukkulent (*Agave, Aloë, Sedum* usw.). Sind die Blätter prismatisch oder zylindrisch, so spricht man von Nadeln (Koniferen, s. Fig. 34); sind sie am Rande umgebogen oder eingerollt, so liegen Rollblätter vor (*Rosmarinus*); Röhrenblätter, meist aufrecht stehende, schlankzylindrische oder aufgeblasene hohle Blätter, haben die Küchenzwiebel (*Allium cepa*), der Schnittlauch (*A. schoenoprasum*) u. a. Kannen- oder Krugblätter finden wir bei manchen Insektivoren (s. u.).

Nach dem **Umriß der Spreite:** bei einfachen Blättern besteht die Spreite aus einem zusammenhängenden Stück, bei den zusammengesetzten aus mehreren selbständigen am Stiel oder an der Verlängerung des Stiels, der Blattspindel, angehefteten Stücken.

Einfache Blätter: linealische Blätter, d. s. solche, deren Spreiten die Form eines Lineals haben, sind bei Monokotyledonen, vor allem den Gräsern und Riedgräsern und vielen lilienähnlichen Gewächsen anzutreffen (Fig. 46); lanzettliche Blätter sind an beiden Enden zugespitzt (*Salix* usw.); eiförmige, herz- (Fig. 38 b), nieren- (Fig. 38 c), pfeilförmige Blätter (Fig. 18) u. a. unterscheiden sich namentlich durch die verschiedenen Formen der Spreitenbasis. Blattformen mit einspringenden Winkeln heißen gelappt (Ahorn, vgl. Fig. 20) und fiederspaltig (Fig. 38 d, e).

Fig. 37. Gefärbte Hochblätter (*Poinsettia*); am Gipfel des Sprosses die unscheinbaren Blüten.

Zusammengesetzte Blätter: trägt der Blattstiel an seiner Spitze drei oder vier Spreitenstücke, so heißt das Blatt drei- oder vierzählig (*Trifolium, Menyanthes*, [Fig. 39 a]; *Marsilia* u. a.). Bei noch größerer Zahl der Stücke spricht man von gefingerten Spreiten) Roßkastanie, Lupine, Fig. 39 b). Gefiederte Blätter tragen zahlreiche Spreitenstücke rechts und links an dem verlängerten Stiel, der Blattspindel: stehen die Blattstücke („Blättchen") zu Paaren geordnet einander gegenüber, so ist die Fiederung paarig („*Folia Sennae*" Fig. 39 c); steht an der Spitze der Spindel noch ein terminales Blättchen, so ist die Fiederung unpaarig (Fig. 39 d); ist jedes Blättchen seinerseits gefiedert, so ist das Blatt doppelt gefiedert (Fig. 52), ist jedes Blättchen doppelt gefiedert, so heißt das Blatt dreifach gefiedert (Umbelliferen, Farnkräuter) — wenn große Fiederblättchen mit ganz kleinen wechseln, unterbrochen gefiedert (Kartoffel, Fig. 39 e; *Tanacetum* u. a.).

Nach dem **Blattrand:** fehlen alle Blattzähnchen irgendwelcher Art, so heißt das Blatt ganzrandig. Die häufigsten Formen der „Serratur" sind in Fig. 40 dargestellt. Schrotsägezähnig heißen die Blätter des Löwenzahns (Fig. 40 d), ausgebuchtet die der Eiche (Fig. 40 e) usw.

Wie der Sproß, so zeigen auch die Blätter in vielen Fällen bemerkenswerte atypische Ausbildung.

Bei den Disteln, dem Benediktenkraut und noch mehr bei Aloë, Agave oder Stechpalme sind die Blattzähne zu scharfen Dornen entwickelt, und bei den Langtrieben der Berberitze tritt die Spreitenfläche gegenüber den Dornen dermaßen zurück, daß die Blätter an jenen geradezu durch Dorne ersetzt scheinen (Fig. 41).

Bei Erbsen, Wicken u. a. verwandelt sich ein Teil des Blattes in Ranken (Fig. 42 a); bei Gurke, Zaunrübe und Kürbis werden ganze

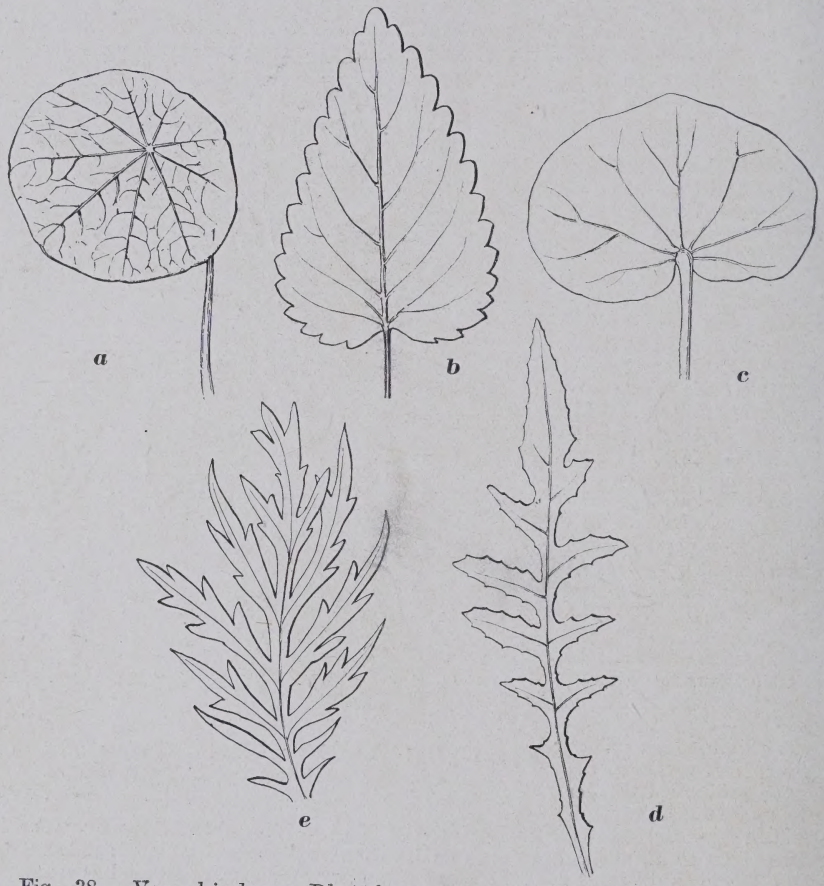


Fig. 38. Verschiedene Blattformen: *a* schildförmig (*Tropaeolum*), *b* herzförmig (*Melissa*), *c* nierenförmig (*Asarum*), *d* fiederspaltig (*Capsella*), *e* doppelt fiederspaltig (*Artemisia*).

Blätter zu solchen (42 b). Bei *Smilax*, der Stammpflanze der Sarsaparillenwurzel, entstehen ähnliche Gebilde als paarige Anhängsel des Blattstieles (Fig. 43).

Polymorph nennen wir das Laub einer Pflanze dann, wenn nebeneinander Blattindividuen verschiedener Gestalt erscheinen — z. B. bei *Morus*, dem Maulbeerbaum, oder bei *Sassafras* (Fig. 44). Bei manchen Wasserpflanzen, z. B. bei dem Wasserhahnenfuß (*Ranunculus aquatilis*) wechselt

die Blattform mit dem Medium, in dem sich die Teile des Sprosses befinden; unter Wasser entstehen fein zerschlitzte, an der Wasseroberfläche ungeteilte, rundliche Blattformen (Heterophyllie). —

Fig. 39. Verschiedene Blattformen: *a* dreizählig (*Menyanthes*), *b* gefingert (*Lupinus*), *c* paarig gefiedert (*Cassia*), *d* unpaarig gefiedert (*Rosa*), *e* unterbrochen gefiedert (*Solanum tuberosum*).

Unabhängig von der Form der Spreite, aber bestimmend für ihre äußere Erscheinung ist der Verlauf der die Spreite durchziehenden Rippen oder Blattnerven. Die Nervatur läßt entweder ein Netz zustande kommen

wie bei dem in Fig. 45 a dargestellten Blatte (netznervige—), oder die Nerven verlaufen annähernd parallel zueinander (parallelnervige Blätter, Fig. 45 b). Bei den Monokotyledonen herrscht parallelnervige, bei den Dikotyledonen netznervige Struktur vor. Die Blätter („Nadeln") der Koniferen werden von einem unverzweigten Nerv durchzogen. Daß die als „Nerven" bezeichneten Stränge Bündel von wasser- und stoffleitenden Elementen darstellen, wird im II. Kapitel zu erörtern sein. —

Die Spreite entwickelt sich aus dem Oberblatt. Der Blattgrund liefert vor allem die Blattscheide, einen mehr oder minder röhrenähnlichen Teil, der sich unmittelbar über der Anheftungsstelle des Blattes entwickelt, — und die Nebenblätter.

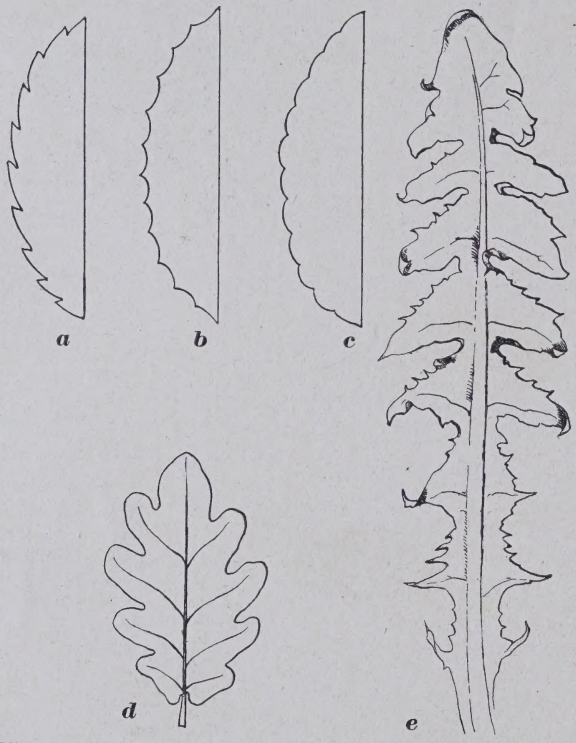


Fig. 40. Serraturen des Blattrandes: *a* gesägt, *b* gezähnt, *c* gekerbt, *d* ausgebuchtet (*Quercus*), *e* schrotsägezähnig (*Taraxacum*).

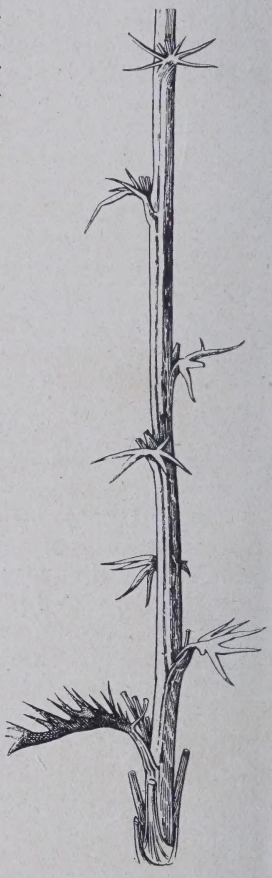


Fig. 41. Umwandlung der Blätter in Dorne: Langtrieb der Berberitze (*Berberis*).

Die Blattscheide ist bei den Gräsern als zylindrische Röhre entwickelt; die Spreite steht wagerecht von der Achse ab. Die Scheide umgibt diese, kann aber durch sanften Zug von ihr getrennt werden (Fig. 46), da die Scheide offen, d. h. der Länge nach gespalten ist. An der Basis der Spreite ist ein dünnes Häutchen, die Ligula des Grasblattes, sichtbar (Fig. 46 l). Bei den Riedgräsern (Cyperaceae) ist die Scheide eine geschlossene Röhre. Bei vielen Doldenblütlern ist sie als umfänglicher, offener, häutiger Sack entwickelt (vgl. Fig. 47).

Die Nebenblätter erscheinen stets paarweise an der Insertionsstelle des Blattes. Die Buchen schütten ihre rötlichen Nebenblätter zur Zeit der Laubentfaltung in großen Massen zur Erde, andere Pflanzen haben langlebige Nebenblätter (Hopfen, Rotdorn u. v. a.), die in Form und Farbe sogar den Laubblättern ähnlich werden können (Waldmeister [*Asperula*]). Achselknospen entwickeln sich stets nur über den Laubblättern, niemals über ihren Nebenblättern. Bei den Polygonazeen (*Rumex*, *Rheum* u. a.) verwachsen die Nebenblätter zu einer häutigen, die Achse umfassenden Röhre oder Ochrea (Fig. 18), bei der Rose (Fig. 39 d) eine Strecke weit mit dem Blattstiel. Bei vielen Pflanzen fehlen Nebenblätter durchaus und in allen Stadien der Blattentwicklung.

Der Blattstiel entsteht zwischen Blattgrund und Blattspreite und wird zwischen diese durch interkalares Wachstum eingeschaltet. Viele Blätter

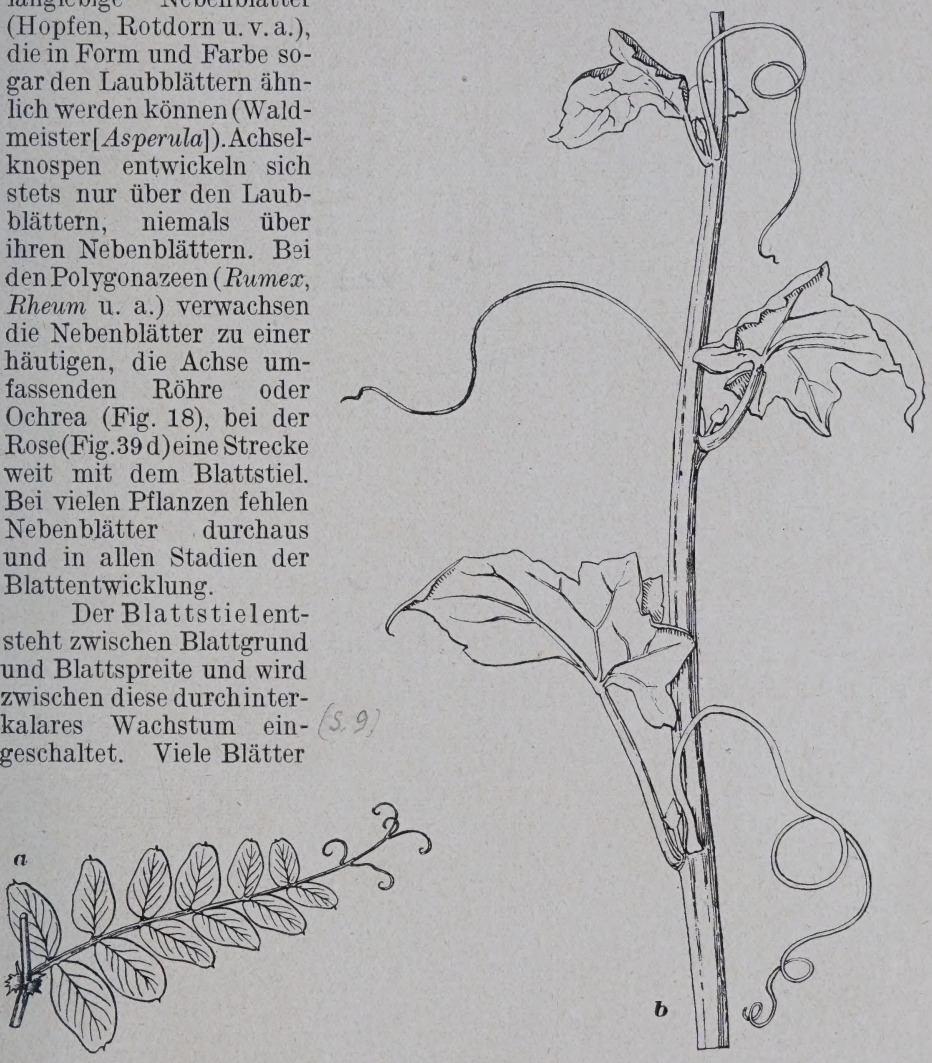


Fig. 42. Umwandlung der Blätter in Ranken: *a* Wicke (*Vicia*), Die obersten Blattfiedern sind metamorphosiert. *b* Zaunrübe (*Bryonia*); die Ranken der Zaunrübe stehen neben den Laubblättern und entstehen durch Umbildung des ersten Blattes der Seitenzweige, die sich aus den Achseln der Laubblätter entwickeln.

haben keinen Stiel — sie sind „sitzend". Laufen schmale Streifen der Blattspreite an den Flanken des Blattstieles entlang, so spricht man von geflügelten Blattstielen (Pomeranze, Fig. 48). Nehmen durch starke Flügelung die Stiele das Aussehen von Blattspreiten an, so spricht man von Phyllodien; sie sind namentlich dann von großer Bedeutung für

die Pflanze, wenn die Spreiten verkümmern oder vollständig fehlen und in der Funktion durch die spreitenähnlichen Stiele ersetzt werden.

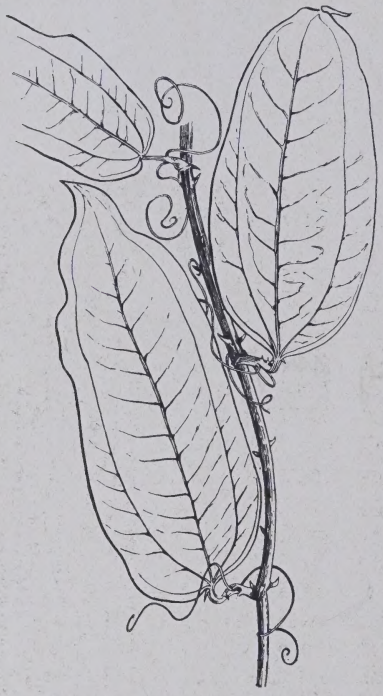


Fig. 43. Ranken an Blattstielen: *Smilax*.

Streifen der Blattspreite können — namentlich von sitzenden Blättern — auch auf die Achse übertreten und diese mit schmalen „Flügeln" ausstatten; man spricht dann von herablaufenden Bättern (Königskerze [*Verbascum*], *Symphytum* u. a.).

Die Blätter sommergrüner Pflanzen leben nur während einer Vegetationsperiode und fallen nach ihr ab; immergrün nennen wir diejenigen Gewächse, deren Blätter zwei, drei oder noch mehr Vegetationsperioden am Leben bleiben. Nach ihrem Tode lösen sich die Blätter von der Achse ab und hinterlassen an dieser die Blattnarben. Bei einer geringen Zahl von Pflanzen bricht nach dem Tode der Blätter der Blattstiel durch, derart, daß ein Stummel von ihm noch lange an der Achse stehen bleibt (Rhizom von *Aspidium filix mas*, die Stämme vieler Palmen usw.). —

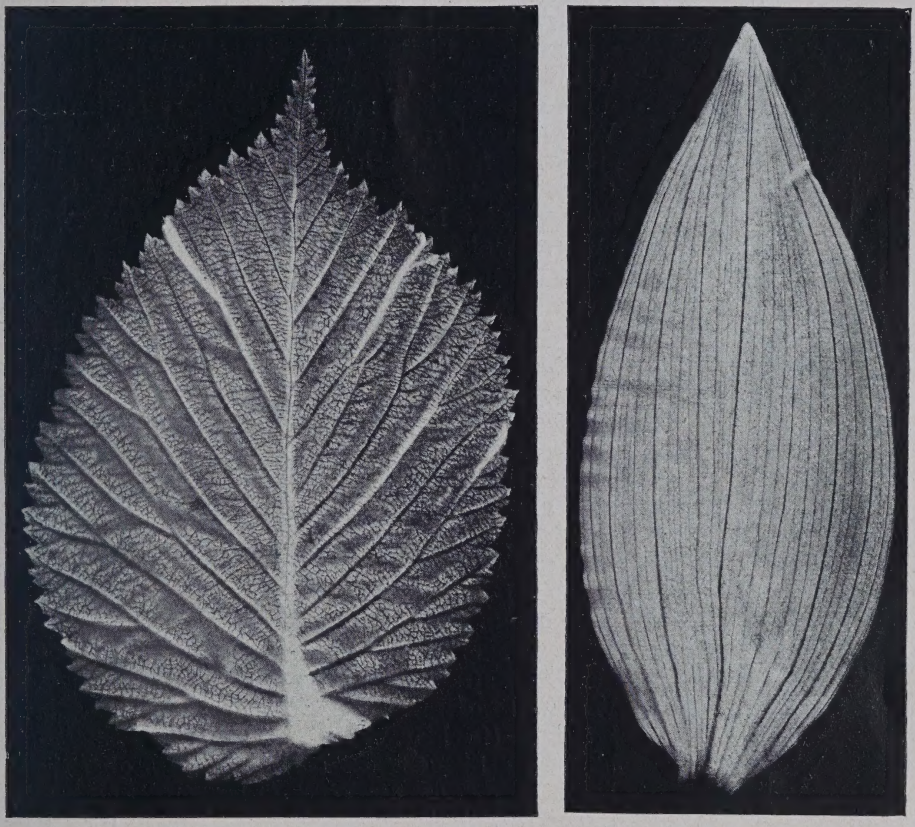
Die **Wurzel** ist — von wenigen Ausnahmen abgesehen — ein unterirdisches, im Boden tätiges Organ. Sie gleicht den Achsen durch ihre meist zylindrische oder kegelförmige Gestalt und stimmt mit ihnen durch ihr Spitzenwachstum und die Fähigkeit zur Verzweigung überein.

Fig. 44. Polymorphie der Laubblätter: *Sassafras*.

Wichtige Unterschiede gegenüber der Achse bzw. dem Sproß ergeben sich aus der Blattlosigkeit der Wurzel, aus dem Vorhandensein einer Haube (Kalyptra), die den Vegetationspunkt bedeckt, und aus dem Umstand, daß bei der Verzweigung, d. h. bei Bildung von Nebenwurzeln die neuen Organe nicht wie am Vegetationspunkt des Sprosses oberflächlich (exogen, Fig. 17 a) angelegt werden, sondern im Innern der Hauptwurzel entstehen (endogen) und erst nach Durchbrechung

der äußeren Schichten der Mutterwurzel aus dieser hervortreten. Selbst an den Querschnitten alter Wurzeln sind die an ihnen entstandenen Nebenwurzeln noch deutlich als radial verlaufende, von den zentralen Gefäßbündeln entspringende Stränge zu erkennen (Fig. 49).

Die Seiten- oder Nebenwurzeln entstehen ebenso wie Blätter und Seitentriebe eines Sprosses in akropetaler Folge, d. h. die jüngsten stehen in näch-



a *b*

Fig. 45. Nervatur: *a* Dikotyledonen haben netznervige, *b* Monokotyledonen parallelnervige Blätter. Naturselbstdrucke.

ster Nähe des Vegetationspunktes. Ihre Verteilung auf der Oberfläche der Hauptwurzel ist insofern eine gesetzmäßige, als sie in regelmäßigen Längsreihen (Orthostichen) erscheinen (Fig. 50).

Adventivwurzeln nennt man alle diejenigen, die außerhalb der akropetalen Folge an der Hauptwurzel oder irgendwie an anderen Organen sich bilden. Nicht nur unterirdische Achsen (Rhizome, s. o. Fig. 30), sondern auch oberirdische können — namentlich an den Knoten — dichte Gruppen von Wurzeln entstehen lassen; selbst an den Blättern mancher Pflanzen

sieht man nach ihrer Loslösung vom Stamm und bei zusagender gärtnerischer Behandlung Adventivwurzeln entstehen.

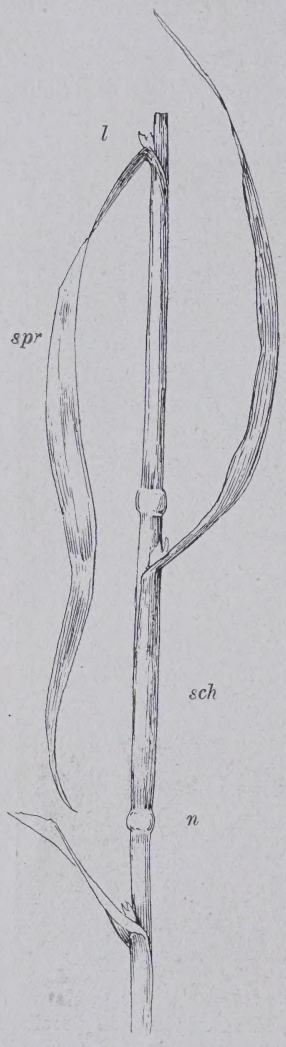


Fig. 46. Blattscheide: Sproß eines Grases. *n* Knoten, *spr* Blattspreite, *sch* Blattscheide, *l* Ligula.

Bei den Getreidepflanzen und überhaupt den Monokotyledonen geht die am Keimpflänzchen sich entwickelnde Hauptwurzel früh verloren; sie stellt ihr Wachstum ein und wird durch die aus den untersten Blattknoten erwachsenden Adventivwurzeln ersetzt; es entsteht ein mehr oder minder dichter Büschel ungefähr gleich starker Faserwurzeln. Bleibt eine Hauptwurzel erhalten (Dikotyledonen, Gymnospermen), so liefert sie mit ihren Nebenwurzeln zunächst ein dem monopodialen Verzweigungstypus entsprechendes System (Fig. 50), späterhin freilich sehen wir die Wurzeln sich im Gegensatz zum Sprosse mehr in die Breite als in vertikaler Richtung entwickeln (Wurzelsystem unserer Waldbäume u. a.).

Die Formenmannigfaltigkeit der Sprosse wird von den Wurzeln bei weitem nicht erreicht.

Rüben heißen Wurzeln von walzen-, kegelförmiger oder rundlicher Gestalt: die Zuckerrübe, die rote Rübe (*Beta vulgaris*), die Möhren (*Daucus carota*), die Erdkohlraben oder Steckrüben (*Brassica napus*), die „Teltower" (*Br. rapa*) und die Rettiche und Radieschen (*Raphanus sativus*) sind allbekannte Beispiele. Rüben sind ferner die „*Tubera jalapae*", d. h. die stark verdickten, kegelförmigen Wurzeln von *Exogonium purga*, die spindelförmigen, sehr fleischigen Wurzeln der *Dahlia* u. a. m.

Wandeln sich die Wurzeln zu ei- oder kugelähnlichen Gebilden, so spricht man auch von Wurzelknollen: bei vielen einheimischen Knabenkräutern (Orchideen) finden wir am Grund des blühenden Stengels ein Paar ungleich großer rundlicher Körper, die aus Wurzeln hervorgegangen sind („*Tubera salep*", Fig. 51). Der Blütensproß entsprießt der größeren, bräunlichen; neben ihr findet sich eine kleinere, jüngere, heller gefärbte; diese ist durch starke Verdickung der Wurzelanlage eines Seitensprosses entstanden, der sich aus der Achsel eines der untersten Blätter des blühenden Sprosses herleitet und die Blüte der nächsten Vegetationsperiode zu liefern hat.

Manche Knabenkräuter haben handförmig gelappte Wurzelknollen („Glückshändchen"), deren Form ihre Wurzelnatur leichter erkennen läßt (Fig. 51 b).

Bei allen diesen Sonderformen der Wurzel sehen wir nur einen Teil des Wurzelsystems eines Individuums zu fleischigen Gebilden werden, einen andern zart und faserig bleiben: bei der Möhre u. a. wird nur die Haupt-

wurzel rübenförmig verdickt; die Seitenwurzeln bleiben dünn und faserig, ebenso wie der „Schwanz" der Rettiche und Radieschen.

Fig. 47. Blattscheide: Blatt eines Doldenblütlers (*Anthriscus*); *A* Achselsproß.

Ein ähnlicher Dimorphismus der Wurzeln kennzeichnet die Stammpflanze der „*Radix ipecacuanhae*" (*Uragoga ipecacuanha*), die außer dünnen Faserwurzeln dicke, knorrig geringelte produziert — diese letzteren sind offizinell.

Fig. 48. Geflügelter Blattstiel: *Citrus*.

Luftwurzeln sind solche, die nicht unterirdisch, sondern in der Luft sich entwickeln. Zu ihnen sind ebenso die Haftwürzelchen, mit welchen sich der Epheu an Baumstämmen oder Mauern festklammert, zu rechnen wie die oft ansehnlich langen, strangartigen Wurzeln, welche die auf Bäumen wachsenden („epiphytischen") Orchideen und Aroideen der Tropen nach unten entsenden; die Vanille, eine mexikanische Kletterorchidee, produziert neben der Anheftungsstelle jedes Blattes eine Luftwurzel.

Fig. 49. Endogene Entstehung einer Seitenwurzel: Querschnitt durch eine Möhre (*Daucus carota*). Naturselbstdruck.

Wurzellose Pflanzen sind selten; einige Wasserpflanzen kommen ohne Wurzeln aus.

* * *

Alle bisher besprochenen Teile und Formen des Sprosses nebst den Wurzeln werden als vegetative Organe zusammengefaßt.

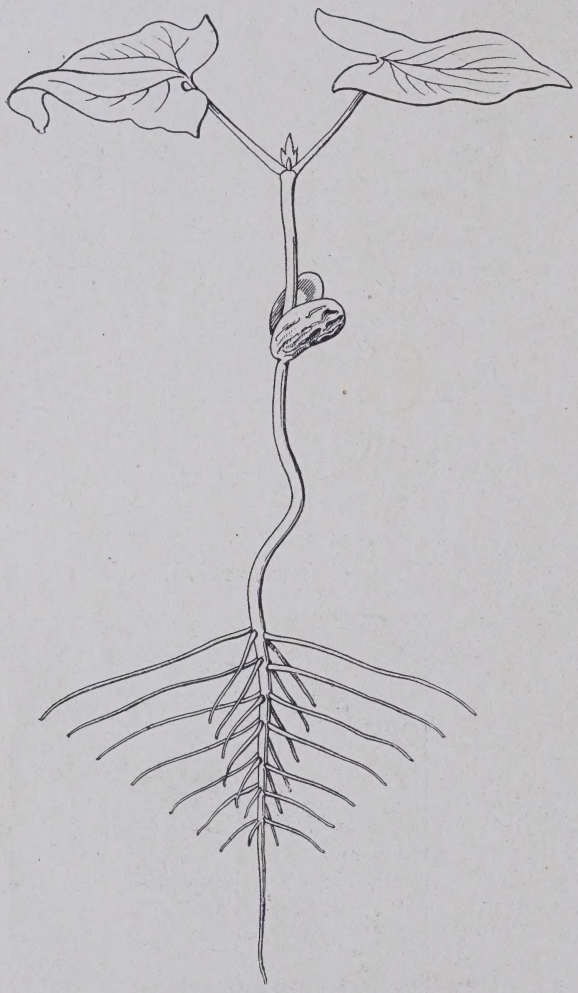


Fig. 50. Verzweigung der Wurzel; Keimling der Bohne (*Phaseolus*) mit zwei Kotyledonen und zwei Laubblättern. Die Nebenwurzeln stehen in vier Orthostichen.

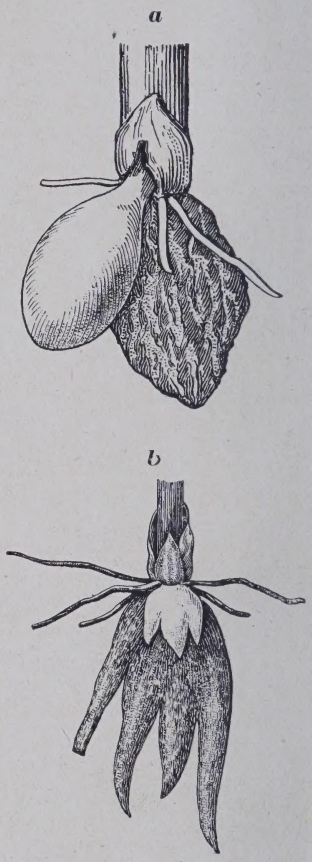


Fig. 51. Wurzelknollen der Orchideen („*Tubera salep*"); *a* rundliche, *b* händchenförmig gelappte Knollen. Bei *a* ist die Entstehung der Knolle aus der Achsel eines Blattes erkennbar: bei *b* fehlt das Blatt bereits, unter dem sich die jugendliche (nach vorn gewandte) Knolle entwickelt hat.

Reproduktionsorgane sind diejenigen, welche im Dienst der Fruchtbildung und der Vermehrung der Pflanzen stehen.

Die Bildung der Reproduktionsorgane steht bei den Kormophyten, d. h. bei allen Farnen (einschließlich der Schachtelhalm- und Bärlapp-

gewächse) und allen Samen- oder Blütenpflanzen im engsten Zusammenhang mit dem Blatt.

Fig. 52. Sporangientragendes Blatt eines Farnkrauts (*Aspidium filix mas*). Die mikroskopisch kleinen Sporangien stehen auf der Unterseite in dichten Gruppen, die durch ein rundliches Häutchen (Indusium) verdeckt werden.

Bei den Farnkräutern (Fig. 52) entstehen auf der Unterseite der Blätter meist in dichten Gruppen Sporangien, d. h. Behälter von Fortpflanzungs-

Fig. 53. Blüte eines Schachtelhalms (*Equisetum arvense*): *a* sterile Blätter, *b* endständige Gruppe von Sporophyllen, *c* ein einzelnes Sporophyll, das die seiner Unterseite inserierten, ansehnlich großen Sporangien sehen läßt, *d* Querschnitt durch die Blüte. Rechts unverletzte, links halbierte Sporophylle und Sporangien; in letzteren die Sporen sichtbar. Nach Dodel Port.

zellen oder Sporen, die zur Zeit der Reife wie ein feiner, dunkler Staub aus den Sporangien entleert werden.

Blätter, welche zur Bildung von Sporen bzw. Sporenbehältern befähigt sind, heißen Sporophylle.

Bei den Schachtelhalmen besteht zwischen den Sporophyllen und den Blättern, welchen die Fähigkeit zur Entwicklung der Sporangien abgeht, ein starker, formaler Unterschied: die sterilen Blätter sind schmal lanzettlich, und jeder ihrer Wirtel verwächst zu einem die Achse scheidenförmig umhüllenden Gebilde (Fig. 53 a). Die Sporophylle haben wesentlich andere Gestalt. Sie gleichen einer von einem Fuß getragenen polygonalen Tischplatte, an deren Unterseite mehrere mit Sporen gefüllte Säcke, die Sporangien, hängen (Fig. 53 b und c). Die sterilen Blätter stehen an zahlreichen Internodien des unteren Teils der Sprosse; die Sporophylle stehen zu einer dichtgedrängten Gruppe vereinigt am Ende des Sprosses, der mit der Produktion dieses der Fortpflanzung dienenden Gebildes sein Wachstum beschließt.

Gruppen von Sporophyllen,

welche das Wachstum eines irgendwie gestalteten Sprosses abschließen, wollen wir **Blüte** nennen.

Bei dem Bärlappgewächs *Selaginella*, das die nächste Figur (Fig. 54) zeigt, entsteht ebenfalls ein ährenähnliches Gebilde, das an den soeben genannten Merkmalen als Blüte erkannt wird: sie wird von schmalen spitzen Blättchen gebildet, die sich in der Form von den sterilen keineswegs so stark unterscheiden wie die Sporophylle des Schachtelhalms. Die Sporangien sitzen bei *Selaginella* einzeln in den Achseln bzw. auf der Oberseite der Sporophylle (Fig. 54 b).

Während bei dem in Fig. 52 gezeigten Farn und dem Schachtelhalm (Fig. 53) nur eine Sorte von Sporen produziert werden, liefert eine Blüte von *Selaginella* deren zwei — große und kleine, Makro- und Mikrosporen. Niemals entstehen beide Sporensorten in einem Sporangium, vielmehr stets getrennt voneinander, so daß dem Unterschied in der Qualität der Sporen auch zwei Arten von Sporangien — Makro- und Mikrosporangien — entsprechen (Fig. 54). Die Makrosporangien enthalten eine geringe, aber konstant bleibende Zahl (vier) von Makrosporen, die Mikrosporangien eine große, aber wechselnde Zahl von Mikrosporen. Die Sporophylle, welche Makrosporangien und Mikrosporangien produzieren, stimmen in Bau und Größe miteinander überein.

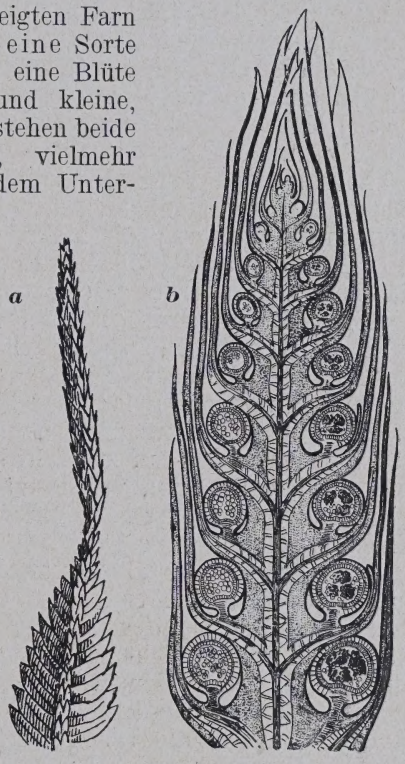


Fig. 54. Blüte einer Bärlapppflanze (*Selaginella*): *a* ihr Äußeres, *b* Längsschnittansicht; rechts Makro-, links Mikrosporangien. Nach Sachs.

Bei den Samenpflanzen (Phanerogamen) erfährt der Bau der Blüte eine Ausstattung, die das bisher Geschilderte weit hinter sich läßt. Die Blüten werden bei ihnen so mannigfaltig, so reich gegliedert und oft so groß und auffällig, daß man um dieser abwechslungsreichen Gebilde willen die Phanerogamen auch Blütenpflanzen zu nennen pflegt, obwohl Blüten, wie wir soeben gesehen haben, auch anderen, tiefer stehenden Gruppen des Pflanzenreichs eigentümlich sind.

Auch bei den Samenpflanzen erscheinen Makro- und Mikrosporangien. Sie stehen bei jenen nicht nur auf getrennten Sporophyllen, sondern auf Sporophyllen sehr ungleicher Gestalt, so daß zwischen Makrosporophyllen und Mikrosporophyllen zu unterscheiden sein wird. Die Makrosporophylle der Blütenpflanzen werden gewöhnlich als Fruchtblätter oder Karpelle, die Mikrosporophylle als Staubblätter oder Stamina bezeichnet.

Grundlegende Unterschiede ergeben sich bei vergleichender Betrachtung der Fruchtblätter. — Die Tannenzapfen sind Koniferenblüten, welche sich ausschließlich aus Makrosporophyllen zusammensetzen. Ähnlich wie bei *Selaginella* (Fig. 54) liegen bei ihnen zahlreiche schuppenförmige Frucht-

blätter in lockerer Deckung übereinander (Fig. 22). Auf der Oberseite trägt jedes von ihnen zwei Makrosporangien oder Samenknospen, welche später zu Samen sich entwickeln werden. Diese liegen zwischen den Fruchtblättern und entbehren einer sie allseits umschließenden Hülle. Alle Pflanzen, für welche dieses Kennzeichen zutrifft, werden als Nacktsamige oder Gymnospermen bezeichnet.

Bedecktsamige oder angiosperme Gewächse sind diejenigen, bei welchen die Fruchtblätter — gleichviel ob in einer Blüte deren mehrere oder nur eines vorhanden ist — ihre Ränder zusammenfügen, so daß ein oder mehrere geschlossene Behälter, sog. Fruchtknoten, entstehen. In diesen liegen die Makrosporangien (Samenknospen).

Bei den Gymnospermen haben im allgemeinen nicht nur die Makro-, sondern oft auch die Mikrosporophylle Formen, welche die Blattnatur der Organe ohne weiteres zu erkennen gestatten. Bei den Angiospermen tritt eine Formwandlung ein, welche die Blattnatur der Sporophylle verdeckt. Die Mikrosporophylle gleichen zarten Fäden („Staubfäden"), die das ansehnlich große Mikrosporangium, den Behälter des Pollenstaubs (Pollenkörner, Mikrosporen), tragen; die Makrosporophylle liefern nach der Vereinigung ihrer Ränder das als Stempel bezeichnete, mit einem die Makrosporangien bergenden, allseits geschlossenen Fruchtknoten ausgestattete Gebilde.

Die Gymnospermen haben fast durchweg Blüten zweierlei Art: solche, welche nur aus Makrosporophyllen bestehen, also nur Makrosporangien und die aus ihnen hervorgehenden Samen produzieren — und solche, welche nur aus Mikrosporophyllen bestehen. Blüten der ersten Art heißen weibliche (♀), die der zweiten Art männliche (♂). Die Trennung der Geschlechter und ihre Verteilung auf zweierlei Blüten heißt Diklinie.

Dikline Pflanzen, welche männliche und weibliche Blüten auf demselben Individuum tragen, heißen einhäusig oder monözisch (Fichte, Tanne, Kiefer usw.); solche, bei welchen Trennung des Geschlechtes auf verschiedene Exemplare erfolgt, heißen zweihäusig oder diözisch (Eibe, Wachholder). Im Tierreich ist die Trennung und die Verteilung des männlichen und weiblichen Geschlechtes auf verschiedene Individuen die Regel; bei den Pflanzen ist sie bei weitem nicht so häufig wie die Verbindung beider Geschlechter auf demselben Individuum. Während im Tierreich leicht wahrnehmbare sekundäre Geschlechtscharaktere verschiedener Art eine hervorragende Rolle spielen, sind diözische Pflanzen im allgemeinen nur durch ihre Blüten, also ihre Geschlechtsorgane, unterschieden; im unfruchtbaren Zustand, d. h. vor Entwicklung der Blüten lassen sie die Zugehörigkeit zum ♂ oder ♀ Geschlecht daher gewöhnlich nicht erkennen.

Auch bei den Angiospermen sind zwar dikline Arten (monözische und diözische) nicht gerade selten; doch herrschen bei ihnen zwittrige oder hermaphrodite Blüten vor, d. h. solche, bei welchen Makro- und Mikrosporophylle in derselben Blüte vereinigt sind. Ist letzteres zutreffend, so sehen wir stets die Makrosporophylle die Mitte der Blüte einnehmen. —

Wir gehen nunmehr zu einer eingehenderen Analyse der Angiospermenblüte über.

Als wesentliche Bestandteile der Blüte werden ihre Sporophylle oder Geschlechtsorgane bezeichnet.

Den weiblichen Geschlechtsapparat einer Blüte bezeichnen wir zusammenfassend als ihr Gynaeceum. Es wird von einem, von mehreren oder vielen Fruchtblättern gebildet.

Ist nur ein Fruchtblatt vorhanden, so wird der Fruchtknoten in der Weise durch Zusammenfügen der Ränder des Fruchtblattes gebildet, wie es

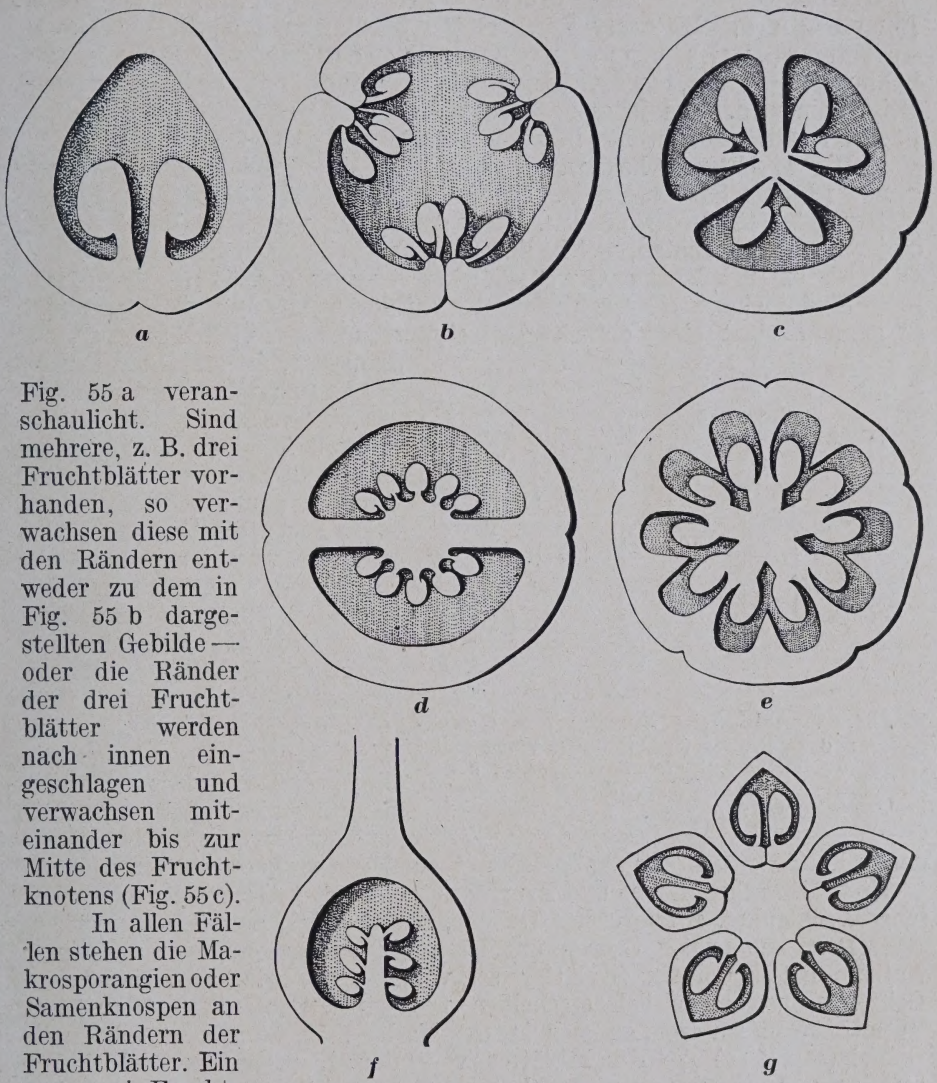


Fig. 55. Verschiedene Formen des Gynaeceums. *a* Fruchtknoten, der aus einem Fruchtblatt gebildet worden ist, *b* einfächriger, aus drei Blättern gebildeter, *c* dreifächriger, ebenfalls aus drei Blättern gebildeter Fruchtknoten, *d* zweifächriger, *e* fünffächriger Fruchtknoten mit fünf echten und ebensoviel falschen Scheidewänden; die letzteren springen keilförmig in das Lumen des Fruchtknotens vor, *f* Fruchtknoten (Längsschnitt) mit zentraler Gewebesäule, *g* fünfteiliges apokarpes Gynaeceum.

Fig. 55 a veranschaulicht. Sind mehrere, z. B. drei Fruchtblätter vorhanden, so verwachsen diese mit den Rändern entweder zu dem in Fig. 55 b dargestellten Gebilde — oder die Ränder der drei Fruchtblätter werden nach innen eingeschlagen und verwachsen miteinander bis zur Mitte des Fruchtknotens (Fig. 55 c).

In allen Fällen stehen die Makrosporangien oder Samenknospen an den Rändern der Fruchtblätter. Ein aus zwei Fruchtblättern entstandener Fruchtknoten, dessen Fächerung in derselben Weise zustande gekommen ist wie bei dem zuletzt besprochenen dreiteiligen, ist bei d, ein fünfteiliger bei e dargestellt.

Durch hinreichend tiefe Einfaltung der Fruchtblattränder entstehen in der

Fruchtknotenhöhlung Wände, die diese in so viele Fächer zerlegen, als Fruchtblätter vorhanden sind (Fig. 55 c, d, e). Scheidewände, die von den eingeschlagenen Rändern der Fruchtblätter gebildet werden, heißen echte. Entstehen in der Mitte der Fruchtblätter oder an anderen Stellen Gewebewucherungen, welche mehr oder minder weit in das Innere der Fruchtknotenhöhlung vordringen, so spricht man sie als unechte Scheidewände an. Beim Lein u. a. wird jedes der von den echten Scheidewänden gebildeten Fächer durch eine unechte in zwei Halbfächer zerlegt (Fig. 55 e).

Die unechten Scheidewände tragen an ihren freien Kanten naturgemäß niemals Samenanlagen, da diese nur an den Rändern der Fruchtblätter gebildet werden können. Eine Ausnahme von dieser Regel machen diejenigen Fruchtknoten, welche ihre Samenknospen an einem der Mitte ihres Grundes entsprießenden Gewebesäulchen tragen (Fig. 55 f).

Sind mehrere oder zahlreiche Fruchtblätter in einer Blüte vereinigt, so kann anstatt eines einheitlichen Gynaeceums ein vielteiliges zustande kommen, indem jedes Fruchtblatt sich mit seinen Rändern zu einem selbständigen Fruchtknoten formt (Fig. 55 g). Ein mehrteiliges Gynaeceum, das aus so viel Fruchtknoten besteht, als Fruchtblätter vorhanden sind, heißt apokarp (Fig. 56 d); die in Fig. 55 b, c, d und e dargestellten sind synkarp.

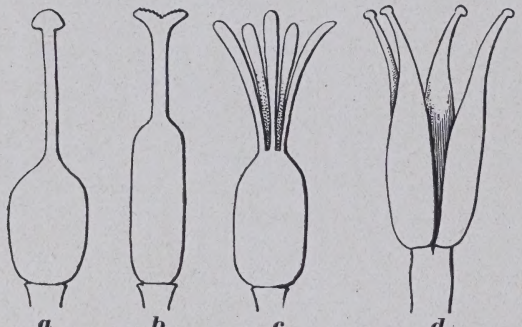


Fig. 56. Verschiedene Formen des Gynaeceums: *a* Synkarpes Gynaeceum mit ungeteilter Narbe, *b* dasselbe mit gespaltener Narbe, *c* dasselbe mit mehreren Griffeln, *d* apokarpes Gynaeceum.

Der die Samenknospen bergende Behälter, den wir Fruchtknoten nennen, trägt oben das Empfängnisorgan, die Narbe, dessen Bedeutung darin liegt, daß es die zu ihm gelangenden Pollenkörner festhält und zur Entwicklung bringt und dadurch die Befruchtung der in den Samenanlagen verborgenen Eizellen vorbereitet. Zwischen Narbe und Fruchtknoten schaltet sich oft ein ansehnlich langes, schlankes, zylindrisches Gebilde, der Griffel, ein.

Beim synkarpen Gynaeceum kann die Verwachsung der an seinem Aufbau beteiligten Fruchtblätter so vollkommen sein, daß Narbe und Griffel ebenso einheitlich erscheinen wie der Fruchtknoten (Fig. 56 a). In andern Fällen trennen sich in der Narbe (Fig. 56 b) oder bereits im Griffel (Fig. 56 c) die Fruchtblätter voneinander, so daß so viel Narben bzw. so viel Griffel sich zählen lassen, wie Fruchtblätter vorhanden sind.

Die männlichen Geschlechtsorgane oder Staubblätter — ihre Gesamtheit bildet das Androeceum der Blüte — zeigen in ihrem Bau sehr viel weniger Mannigfaltigkeit als das Gynaeceum. Jedes Staubblatt besteht aus einem Staubfaden oder Filament, das an seiner Spitze den Staubbeutel oder die Anthere trägt (Fig. 57). Diese öffnet sich zur Zeit der Reife und schüttet ihren Inhalt an Pollenkörnern (Blütenstaub) aus; nur selten (z. B. bei den Orchideen) bleiben die Pollenkörner zu festen Massen verklebt (Pollinien), so daß der Inhalt der Antheren nicht verstäubt, sondern als zusammenhängende teigartige Masse entleert wird.

Wie die Fruchtblätter sind auch die Staubblätter sehr oft miteinander verwachsen: die Filamente erscheinen zu Bündeln oder Röhren vereinigt (Fig. 57 b). Man spricht von mono-, di- oder polyadelphischem Androeceum, je nachdem die Staubblätter zu einem, zwei oder vielen Bündeln vereinigt sind. Daß die Filamente frei, die Antheren mehr oder minder fest miteinander verwachsen sind, beobachten wir bei den Kürbisgewächsen und namentlich bei den Korbblütlern. Sitzende Staubgefäße, d. h. Antheren ohne Filamente finden wir beim Stiefmütterchen, bäumchenartig verzweigte bei *Ricinus*.

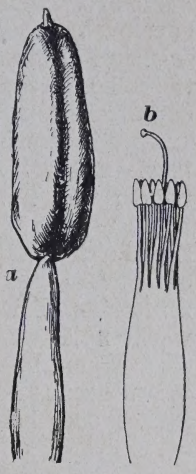


Fig. 57. Verschiedene Formen der Staubblätter: *a* Einzelnes Staubblatt der Tulpe mit sehr umfänglicher Anthere, *b* monadelphisches Androeceum einer Leguminose. Sämtliche Staubfäden zu einem röhrenförmigen Bündel verwachsen; in der Mitte ragt der Griffel hervor.

Pflanzen, deren Blüten nur ein oder zwei Staubblätter enthalten, sind selten. Bei vielen ist die Zahl der Staubgefäße sehr groß. —

Blüten einfachster Art bestehen nur aus Geschlechtsorganen und entbehren jeder anderen Art von Blattorganen. Wir nennen sie nackte Blüten.

Die nackten Blüten der Weiden (Fig. 58), die aus den Achseln schmaler Deckblätter sich entwickeln, bestehen nur aus Staubblättern oder nur aus Fruchtblättern. Unsere Esche (*Fraxinus excelsior*) hat zwittrige nackte Blüten.

Sind männliche und weibliche Organe in einer Blüte vereinigt, so stehen die letzteren stets in der Mitte der Blüte, die männlichen zu einem oder mehreren Kreisen geordnet um jene herum.

Bei der weitaus größeren Mehrzahl der Angiospermen besteht die Blüte nicht nur aus Sporophyllen; vielmehr kommen zu diesen noch unfruchtbare Blätter der verschiedensten Art hinzu.

Sterile Blattorgane, welche die Geschlechtsorgane umgeben, bilden das Perianth oder die Blütenhülle.

In der Blüte der Melde (Fig. 59 a) wird ein aus fünf Organen gebildeter Staubblattkreis von einem ebenso fünfzähligen Perianthkreis umgeben; die Blätter des Perianths sind grünlich und unscheinbar.

Fig. 58. Nackte Blüten: *a* Weibliche und *b* männliche Blüte von *Salix*.

Bei Lilie, Tulpe u. v. a. besteht die Blütenhülle aus stattlichen, oft leuchtend gefärbten Blättern, die in zwei Kreisen oder Wirteln die wesentlichen Blütenteile umgeben — jeder Wirtel besteht aus drei Blättern (Fig. 59b).

Aus den Abbildungen ersehen wir, daß die Stellung der Blütenorgane zueinander (Fig. 59) verschieden sein kann. Bei der Melde stehen die Staubblätter vor den Perianthblättern oder diesen superponiert. Bei der Tulpe stehen die Blätter der beiden Perianth- und der ebenfalls in Zweizahl vorhandenen Staubblattkreise alternierend miteinander d. h. jedes Organ vor der Lücke, die zwischen zwei benachbarten Blättern des vorhergehenden Kreises bleibt. Die alternierende Stellung der Blütenorgane ist sehr viel verbreiteter als die superponierte.

Wenn die Blütenhülle aus zwei Kreisen besteht, sind diese sehr oft verschiedenartig gebildet — derart, daß ein äußerer Kreis aus grünen, laubblattähnlichen Gliedern, der innere aus weißen, gelben, roten, blauen oder mehrfarbigen Blättern sich zusammensetzt. Man unterscheidet in solchen Fällen zwischen dem äußeren Kelch und der inneren Blumenkrone (Korolle). Fehlt diese Differenzierung, so spricht man von einem (aus einem oder mehreren Wirteln gebildeten) Perigon (Fig. 59 a und b).

Wie Frucht- und Staubblätter können auch die Blätter des Perigons, bzw. des Kelches oder der Krone bis auf den Grund frei sein oder mehr oder minder weit miteinander verwachsen. Im zweiten Falle entstehen glocken-, trichter- oder radartige Gebilde, die an ihrem Rande meist deutlich in so viel Zipfel sich spalten, wie Blätter an ihrem Aufbau beteiligt sind. Namentlich der Bau der Krone hat sich als geeignet zur Unterscheidung vieler Pflanzenformen bewährt: als sympetal bezeichnet man Pflanzen mit verwachsenblättriger Krone, als choripetal solche mit freien Kronblättern.

Wenn hier wie früher bei den verwachsenen Filamenten der Staubblätter oder bei den synkarpen Formen des Gynaeceums von Verwachsung gesprochen wird, so darf dieser Terminus nicht in dem Sinne verstanden werden, als wären ursprünglich getrennte Organe nachträglich miteinander zu organischer Kontinuität verbunden worden; vielmehr entstehen fünfteilige sympetale Kronen aus fünf selbständigen Organanlagen, die später durch Wachstum ihrer zusammenhängenden Basalteile wie auf einer sich streckenden Röhre emporgehoben werden. Ebenso steht es um die Staubblattbündel, die röhrenförmigen Kelche usw. —

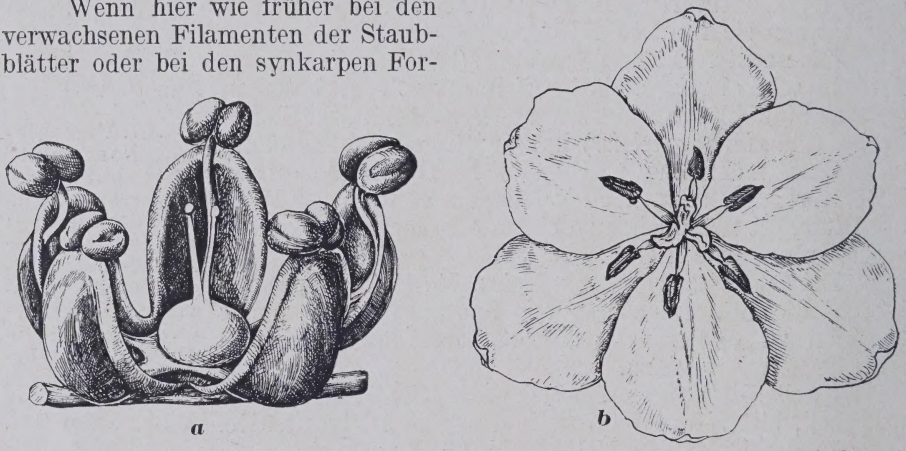


Fig. 59. Perigon: a) Einwirtelige Blütenhülle; superponierte Stellung (*Melde*), b) zweiwirtelige Blütenhülle, alternierende Stellung (*Tulipa*).

Weitere Baueigentümlichkeiten der Blüte erkennen wir auf dem Längsschnitt.

Blütenboden wird der die Blütenorgane tragende Teil der Achse genannt. Der Längsschnitt durch die Blüte einer Tulpe, Lilie und vieler anderer zeigt, daß ihre einzelnen Organe auf gewölbtem Blütenboden dicht übereinander stehen, und zwischen den einzelnen Wirteln keine meßbar langen Internodien liegen; hierin gleichen die Blüten den oben erwähnten vegetativen Kurztrieben (s. o., S. 22). Das Gynaeceum nimmt den obersten Platz ein, der Fruchtknoten ist oberständig; da die andern Teile tiefer

stehen als das weibliche Organ, heißen Blüten der in Fig. 60 a gezeigten Art hypogyn.

In vielen andern Fällen erfährt der Blütenboden eine starke Verbreiterung; er formt sich zu einem teller- oder krugähnlichen Gebilde (Fig. 60 b, c, d). Das Gynaeceum steht in seiner Mitte, die andern Organe stehen am Rande und daher oft in beträchtlichem Abstande von jenem (mittelständiger Fruchtknoten, perigyne Blüte). Füllt ein Fruchtknoten den ganzen Raum, den ein krugförmig gestalteter Blütenboden umschließt, und verwächst er mit diesem (Fig. 60 e), so wird er als unterständig bezeichnet; Blüten mit unterständigem Fruchtknoten heißen epigyn. —

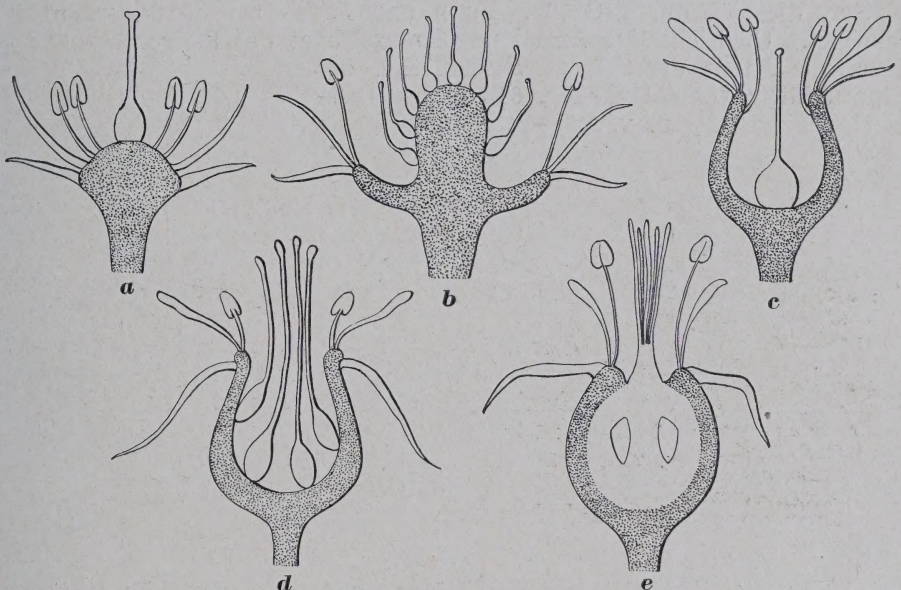


Fig. 60. Verschiedene Formen des Blütenbodens. *a* hypogyne Blüte mit oberständigem Fruchtknoten, *b*, *c* und *d* perigyne Blüten mit mittelständigem Fruchtknoten; bei *b* ist der Blütenboden flach, in der Mitte gewölbt (Himbeere [*ubus*]), bei *c* urnenförmig vertieft (*Prunus*); bei *b* zahlreiche Fruchtknoten (apokarpes Gynaeceum), bei *c* ein Fruchtknoten; bei *d* urnenförmige Blütenboden mit apokarpem Gynaeceum (*Rosa*); *e* epigyne Blüte mit unterständigem Fruchtknoten (*Pirus*).

Von den bisher beschriebenen einfachen Blütenformen lassen sich weitere, mehr oder minder komplizierte ableiten, die sich von den oben geschilderten durch folgendes unterscheiden:

1. Vermehrung der Kreise. Zwei Kreise des Androeceums finden sich in den Blüten sehr vieler Pflanzen, der meisten Monokotyledonen u. a., — mehr als zwei Kreise z. B. in den Blüten des Lorbeers (*Laurus*).

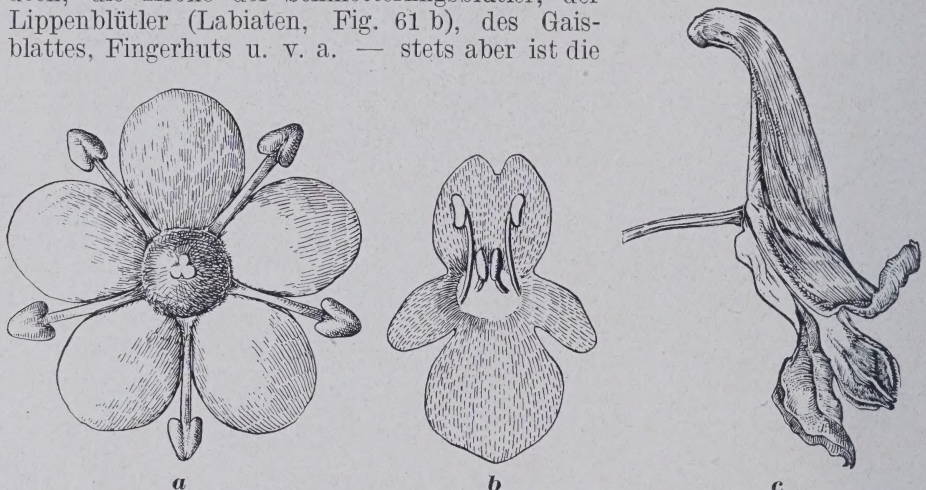
Reichere Ausstattung der Blütenhülle wird bei den Malven u. a. durch Bildung eines besonderen Außenkelchs erreicht.

2. Unterschiedliche Ausbildung gleichnamiger Organe. Wie die in zwei Kreisen entwickelte Blütenhülle im äußeren und inneren Kreise verschiedene Blattformen produzieren kann, so erfahren auch die Kreise des Androeceums zuweilen unterschiedliche Ausbildung.

Bei den Kreuzblütlern stehen die Staubblätter in zwei Kreisen: der äußere besteht aus zwei kurzen, der innere aus vier langen Exemplaren.

Selbst die in einem Kreise vereinigten gleichnamigen Organe können verschiedene Ausbildung erfahren. In den Blüten mancher Königskerzen (*Verbascum*) stehen drei behaarte neben zwei kahlen Staubgefäßen. Beim Stiefmütterchen haben zwei Staubgefäße lange Schwänze, die andern sind ungeschwänzt. Im Androeceum der *Cassia*, der Stammpflanze der „*Folia Sennae*", finden sich neben drei fruchtbaren Antheren sieben unfruchtbare usf.

Ungleichartige Ausbildung im Perianth nimmt den Blüten in meist sehr auffälliger Weise den regelmäßig sternartigen Aufbau, der den früher besprochenen eigen war. Die Blüten des Stiefmütterchens haben Kronblätter, die sich durch Größe, Form und Farbe bemerkenswert unterscheiden. Ungleichartige Ausbildung kennzeichnet das Perigon der Orchideen, die Krone der Schmetterlingsblütler, der Lippenblütler (Labiaten, Fig. 61 b), des Gaisblattes, Fingerhuts u. v. a. — stets aber ist die



a *b* *c*

Fig. 61. Symmetrieverhältnisse der Blüten. *a* Aktinomorphe Blüte (Holunder, [*Sambucus*]), *b* zygomorphe Blüte (*Melissa*), *c* sporntragende zygomorphe Blüte (Lerchensporn [*Corydalis*]).

Anordnung der Teile einer Blüte derart, daß die Blüten monosymmetrisch, d. h. durch eine Symmetrieebene teilbar bleiben. Radiär gebaute Blüten (Fig. 61 a) nennen wir aktinomorph, monosymmetrische Blüten zygomorph (Fig. 61 b u. c.).

Einer der auffälligsten Unterschiede der in einem Wirtel vereinigten Kronenanteile liegt in der Bildung eines Sporns, d. h. eines spitz tütenförmigen oder gerundeten, kropfartigen Anhängsels, das mit einer honigsüßen Ausscheidung, dem Nektar, gefüllt ist. Bei manchen Orchideen werden die Sporne mehrere Zentimeter lang. Bei Leinkraut und Löwenmaul, Balsamine, Kapuzinerkresse, Stiefmütterchen, Veilchen, Lerchensporn u. v. a. treten Sporne in Einzahl auf (Fig. 61 c). Bei aktinomorphen Blüten ist Spornbildung selten; beim Akelei tragen sämtliche Kronblätter Sporne.

3. Bildung von Nektarien. Nektarien, d. h. honigliefernde Organe erscheinen fast ausschließlich in den Blüten und zwar in irgendwelcher Form bald auf der Blütenachse (Kreuzblütler), bald an den Blättern der Blütenhülle (*Fritillaria*, vgl. Fig. 62 a), bald als besondere drüsige, scheiben-

förmige Wucherungen (Discus) im Innern der Blüte (*Citrus*, *Acer* u. a.). In noch andern Fällen werden ganze Organe der Blüte zu Nektarien umgeformt. Bei *Helleborus* sind sämtliche Kronenblätter als tütenförmige Nektarien ausgebildet; bei *Aconitum* verbergen sich unter einem sturmhutförmigen Blatt des äußeren Perianthkreises zwei langgestielte, durch Umwandlung der Kronblätter entstandene Honigdrüsen (Fig. 62 b). Von den Spornen war schon die Rede (Fig. 61 c). Nicht selten erfahren schließlich Glieder des Androeceums irgendwelche Metamorphose zu honigliefernden Organen.

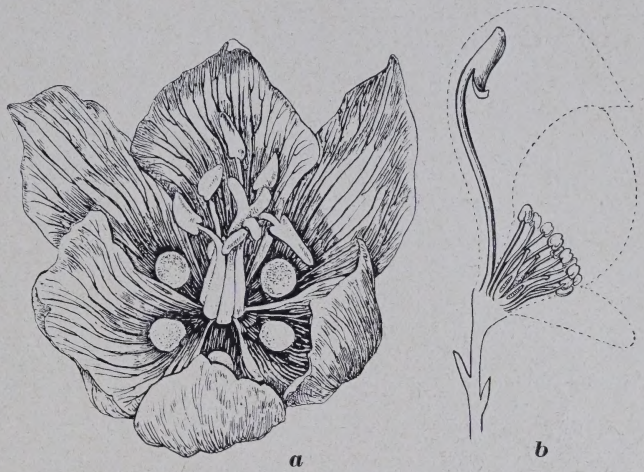


Fig. 62. Nektarien. *a* Kaiserkrone (*Fritillaria*) mit je einem kreisförmigen Nektarium an der Basis jedes Perigonblattes, *b* Eisenhut (*Aconitum*) mit langgestielten Nektarien. Die Kelchblätter sind entfernt, um die von ihnen verdeckten Nektarien und Geschlechtsorgane sichtbar werden zu lassen, ihre Umrisse aber durch Punktierung angedeutet.

4. Fehlschlagen einzelner Organe. Es gehört zu den Kennzeichen der Blüten vieler Pflanzen, daß die Zahl ihrer Staubblätter geringer ist als die der Kronblätter, und ein oder mehrere Stellen, welche nach dem Gesetz der Alternanz von Staubblättern besetzt sein sollten, frei bleiben. Die Lippenblütler sind dadurch ausgezeichnet, daß auf eine fünfteilige Krone nach innen nur vier, bei manchen Gattungen sogar nur zwei Staubblätter folgen (Fig. 61 b). Bei den Blüten des Baldrians fallen zwei Staubgefäße aus; die übrigbleibenden drei sind so angeordnet, daß die Blüte asymmetrisch wird (Fig. 63).

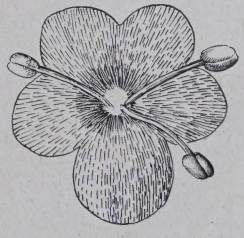


Fig. 63. Asymmetrische Blüte (Baldrian).

Auch ganze Wirtel von Blütenorganen können „ausfallen"; der Ausfall eines Kreises verrät sich dadurch, daß die Glieder zweier benachbarter Wirtel einander superponiert stehen (Schwertlilie). —

Bei sehr vielen Pflanzen erfolgt in der Blütenregion eine starke Verzweigung der Sprosse. Dadurch, daß mehrere oder zahlreiche Zweigspitzen mit Blüten endigen, und sich das blütentragende Sproßsystem in der einen oder andern Weise scharf von dem vegetativen Teil der Pflanze absetzt, entsteht ein **Blütenstand** oder eine Infloreszenz. Ist an den Blütenständen eine Endblüte deutlich erkennbar, so liegen zymöse Infloreszenzen vor; fehlt ihnen eine solche, so handelt es sich um botrytische Blütenstände.

Verschiedene Formen der zymösen Blütenstände sind zu unterscheiden, je nachdem ein, zwei oder mehr blütentragende Seitenäste unter der Endblüte sich entwickeln, und wie oft an den Seitenästen dieselbe Verzweigung sich wiederholt. Entsteht unter der Endblüte immer nur ein Seitenast,

so liegt ein Monochasium vor, — entstehen zwei Seitenäste, so entsteht ein Dichasium (Fig. 64 a).

Fig. 64. Verschiedene Formen der Blütenstände. *a* Dichasium, *b* Traube, *c* Rispe, *d* Trugdolde, *e* Dolde, *f* zusammengesetzte Dolde.

Die wichtigsten botrytischen Blütenstände sind folgende. Die Traube wird durch die Entwicklung mehrerer gestielter Blüten, die in akropetaler

Folge an den Seitenästen einer verlängerten Hauptachse entstehen, gekennzeichnet (Fig. 64 b). Sind bei gleicher Anordnung die Blüten ungestielt, so spricht man von einer Ähre. Verzweigt sich jeder Seitenast seinerseits nach Art einer Traube, so liegt eine Rispe vor (Fig. 64 c). Bei der Trugdolde stehen alle Blüten rispenähnlicher Verzweigungen in gleicher Höhe (Fig. 64 d); bei der echten Dolde (Fig. 64e) entsprießen alle blütentragenden Äste einem Punkt. Wiederholt sich doldenartige Verzweigung an einem Sproßsystem, so entstehen zusammengesetzte Dolden (Fig. 64 f).

Von der Regel, daß Seitenzweige sich nicht anders als aus der Achsel irgendwelcher Blätter entwickeln, macht die Verzweigung der Blütenstände nicht selten eine Ausnahme. Bei den Kreuzblütlern z. B. stehen die Blüten in Trauben, deren Achsen blattlos sind (Fig. 64 b).

Eine besondere Kategorie von Blütenständen bilden diejenigen, in welchen die Blüten nicht von einem verzweigten Sproßsystem getragen werden, sondern eine atypisch gestaltete Achse bedecken.

Handelt es sich um ein keulenförmig verdicktes Achsenende, das überall oder wenigstens an einer gürtelförmigen Zone von Blüten bedeckt ist, so spricht man von einem Kolben (Fig. 65 a). In anderen Fällen wiederholt der blütentragende Achsenteil die Formen, die uns von der Achse einzelner Blüten (s. o., Fig. 60) her bekannt sind: scheibenartig verbreiterte und kegelförmig gestreckte Achsen sind bei Korbblütlern anzutreffen und liefern die als Köpfchen bezeichneten Infloreszenzen (Fig. 65 b und c); bei der Feige stehen die Blüten auf der Innenfläche eines urnenförmig gestalteten Achsenstücks (Fig. 65 d). —

Die Produkte der männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane werden dadurch wirksam, daß die aus den Staubbeuteln entleerten Pollenkörner vor allem durch Vermittlung von Insekten (entomophile) oder durch den Wind (anemophile Pflanzen) auf die Narbe übertragen werden und auf dieser zu einem langen, sehr dünnen Schlauch (Pollenschlauch) auswachsen, der durch den Griffel in die Höhlung des Fruchtknotens vorwärts dringt. Die Spitze des Pollenschlauchs nähert sich schließlich einer Samenknospe, und durch Vereinigung der in ihr enthaltenen Eizelle mit einem Teil des Pollenschlauchinhalts wird die Befruchtung vollzogen (vgl. Kapitel III).

Nach der Befruchtung wächst die Samenknospe zum **Samen** heran; die befruchtete Eizelle liefert den in ihm enthaltenen Keimling oder Embryo, der in den Samen vieler Pflanzen von reichlichen Mengen Nährgewebe (Sameneiweiß) umgeben wird. Die äußersten Gewebeschichten der Samenknospe liefern die Samenschale (Testa). Die Orchideen haben so kleine, staubartig feine Samen, daß 500 000 (bei *Cephalanthera pallens* u. a.) auf ein Gramm gehen. Sehr große Samenkörner, die Umfang und Gewicht einer Pflaume oder eines Apfels erreichen, liefern bei uns die Roßkastanie, in den Tropen vor allem die Palmen.

Die Stelle, an welcher der reifende Samen angeheftet war, ist auch an dem völlig entwickelten noch oft als farbig von seiner Umgebung unterschiedener Fleck wahrzunehmen. Bei den Bohnen ist dieser Nabel als weißer Strich an der konkaven Seite sichtbar, bei den Roßkastanien als großer, runder, mattbrauner Fleck.

Im Samen des Kaffees, der Doldenblütler, der Getreidearten u. v. a. nimmt das Nährgewebe den weitaus größeren Teil des Samens in Anspruch; in anderen Fällen ist das Nährgewebe spärlich, in noch anderen (Bohnen,

Erbsen usw.) fehlt es dem reifen Samen gänzlich. Bei der Muskatnuß sind die äußeren Schichten des Nährgewebes (Perisperm) durch ihren Zellinhalt deutlich von den inneren Anteilen (Endosperm) unterschieden;

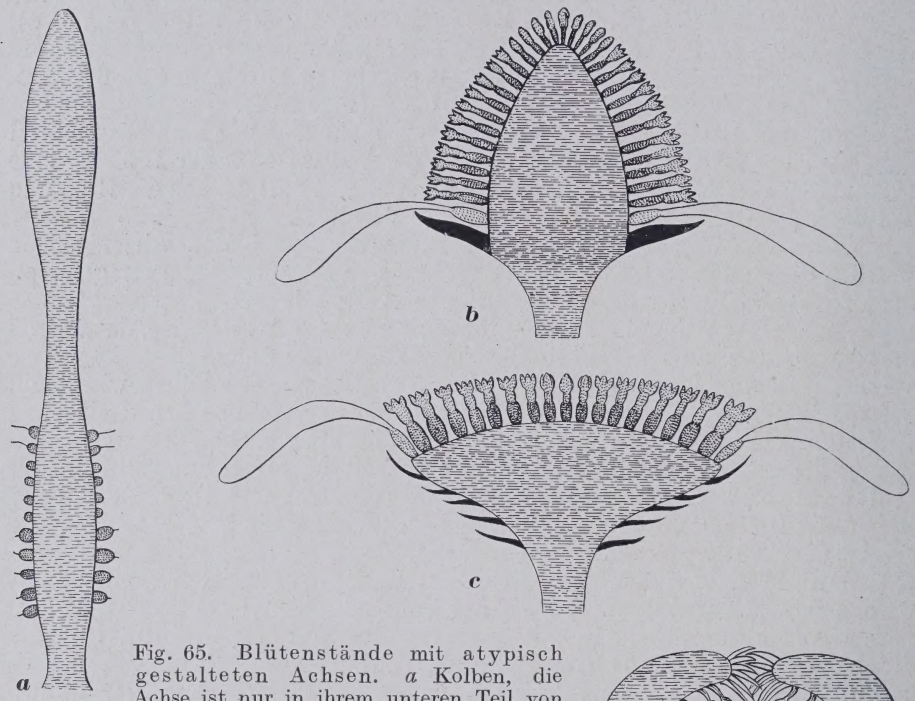
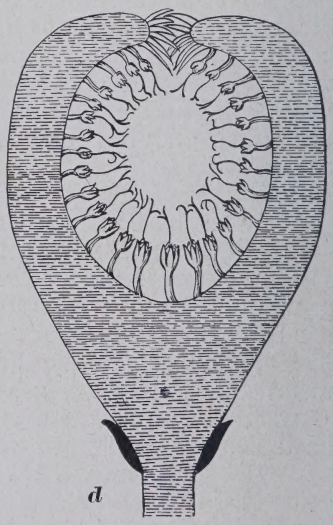


Fig. 65. Blütenstände mit atypisch gestalteten Achsen. *a* Kolben, die Achse ist nur in ihrem unteren Teil von Blüten besetzt (*Arum*), *b* und *c* Köpfchen (Korbblütler), *d* urnenförmiger Blütenstand der Feige (*Ficus*). Schematisiert.



jene wachsen faltenartig in das Innere des Samens vor und geben diesem die charakteristisch marmorierte Struktur der Muskatnuß (Fig. 67 a, b).

Der Embryo liegt grade (Fig. 66 a) oder gekrümmt und mit mehrfach gefalteten Keimblättern (Fig. 66 b) im Samen. Die Zahl der Keimblätter (Kotyledonen) — einer oder zwei (vgl. Fig. 50) — führte uns bereits (s. o., S. 30) zur Unterscheidung der Mono- und Dikotyledonen.

Bei letzteren liegt das Knöspchen oder die Plumula, d. h. die Anlage des künftigen Hauptsprosses, zwischen den beiden Keimblättern. Bei den Monokotyledonen entwickelt sich ein Vegetationspunkt seitlich und unterhalb des die Spitze des Embryos einnehmenden Keimblatts.

Die frühen Entwicklungsphasen, welche der Embryo durchmacht, sind sehr einfach; sie führen unmittelbar zu den der Spezies eigentümlichen

Formen und lassen nicht das geringste davon erkennen, daß die Entwicklung des Individuums die Stammesgeschichte der Art in Kürze rekapituliere. Man hat für die Entwicklung vieler Tiere eine solche Wiederholung der Phylogenese mehrfach zu erkennen vermocht (Fritz Müller, Haeckel). Der Vergleich mit den im Samen der Pflanzen sich abspielenden Vorgängen macht klar, daß man jene Beziehungen nicht zu einem die ganze Organismenwelt umspannenden „biogenetischen Grundgesetz“ erweitern darf.

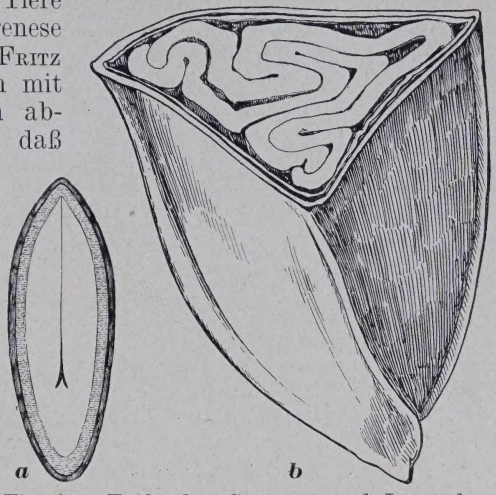


Fig. 66. Teile des Samens und Lage des Embryos. *a* Gerader Embryo; außen die dunkle Samenschale, unter ihr das Endosperm, im Innern der (helle) Embryo (*Linum*), *b* Embryo mit vielfach gefalteten Keimblättern (quer durchschnittene Frucht der Buche).

Entsteht unterhalb der Samenknospe noch eine besondere Wucherung, die den Samen als trocknes Häutchen (Kardamomen) oder als fleischige oder knorpelige Masse unvollkommen umhüllt, so spricht man von einem Samenmantel oder Arillus. Die Muskatnüsse sind von einem harten, in feine Streifen zerlegten, leuchtend roten Arillus, dem sog. Macis (Fig. 67), die Samen der Eibe von einem saftreichen, zuckersüßen, himbeerroten Arillus umgeben.

Der Haarschopf, den die Samen vieler Pflanzen tragen (*Strophantus*, Weidenröschen u. a.), und der bei den Samen der Baumwolle so reichlich

Fig. 67. Differenzierung des Nährgewebes und Entwicklung eines Samenmantels (Arillus), *a* Längsschnitt, *b* Querschnitt durch die Muskatnuß (*Myristica*): das dunkle Perisperm wächst faltenförmig in das helle Endosperm hinein. *c* Frucht von *Myristica* im Begriff sich zu öffnen, der rote Arillus wird sichtbar. *d* Halbierte Frucht, Arillus, Samen. Nach Berg-Schmidt.

und in solcher Qualität auftritt, daß er technisch verwertbar wird, macht die Samen zur Verbreitung durch den Wind (Anemochorie) geeignet (s. u.) —

Nach der Befruchtung wächst nicht nur die Eizelle und die Samenknospe — sondern auch der die Samenknospen bergende Fruchtknoten stark heran. Aus den Samenknospen sehen wir den Samen entstehen, der Fruchtknoten wird zur **Frucht.** Die Fruchtknotenwand liefert den als Perikarp bezeichneten Teil der Frucht.

Fig. 68. Verschiedene Formen der Kapsel. *a* eine mit Zähnen sich öffnende Kapsel, *b* Hülse, *c* Schote, *d* Balgfrucht, *e* Deckelkapsel.

Ist nur eine Samenknospe in dem Fruchtknoten vorhanden, so entsteht eine einsamige Frucht (Getreidekorn); auch dann wenn mehrere Samenknospen vorhanden sind, bleibt die Frucht oft einsamig, wenn die Ernährung nicht für alle befruchteten Samenknospen ausreicht (Mandel). In anderen Fällen entstehen viele Samen in einer Frucht (Mohnkapsel usw).

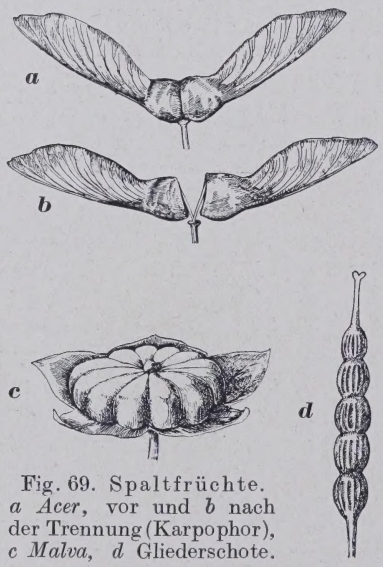


Fig. 69. Spaltfrüchte. *a Acer*, vor und *b* nach der Trennung (Karpophor), *c Malva*, *d* Gliederschote.

Wir unterscheiden nach der Ausbildung des Perikarps verschiedene Fruchtarten.

Kapseln sind Früchte mit trockenem Perikarp, das sich zur Zeit der Reife — mit Längsspalten, mit Zähnen, durch Abwerfen eines Deckels oder in anderer Weise (Fig. 68) — öffnet und die Samen ausstreut. Als weitverbreitete Formen der Kapsel sind besonders wichtig: die Hülse, die aus einem Fruchtblatt hervorgeht und bei der Reife mit zwei Längsrissen sich öffnet (Fig. 68 b), die Balgfrucht, die ebenfalls aus einem Fruchtblatt hervorgeht, aber nur mit einem Längsriß sich öffnet (Fig. 68 d), und die Schote, eine aus zwei Blättern gebildete, durch eine falsche Scheidewand in zwei Fächer zerlegte Frucht (Fig. 68 c).

Schließfrüchte sind Früchte mit trockenem Perikarp, die nur einen Samen enthalten und sich nicht öffnen. Besonders hartschalige Schließfrüchte sind die Nüsse (Haselnuß). Verwächst das Perikarp mit der Schale des von ihm umhüllten Samens, so liegt eine Karyopse vor (Gräser).

Spaltfrüchte sind Früchte mit trockenem Perikarp, die zur Zeit der Reife in mehrere Stücke zerfallen — entweder entsprechend der Zusammensetzung der Frucht aus zwei oder mehr Fruchtblättern in ebensoviele

einsamige Teilfrüchtchen (Fig. 69a, b und c) — oder indem die Frucht in der Querrichtung in so viele Stücke zerbricht, als Samen an den Fruchtblättern entstanden sind (z. B. bei der Gliederschote, Fig. 69d). Spaltfrüchte wie die des Ahorns (vgl. Fig. 69 a und b) oder der Doldenblütler bleiben eine Zeitlang noch durch ein fadendünnes, sich gabelndes Gebilde, den Karpophor, verbunden, bis dieser zerbricht.

Beeren sind Früchte mit saftigem Perikarp (Weinbeere, Kartoffel, Kürbis, Apfelsine, Dattel usw.).

Steinfrüchte haben ein meist saftiges, äußeres Perikarp (Exokarp) und ein steinhartes inneres (Endokarp), den Steinkern, der einen Samen enthält (Kirsche, Pflaume usw.). An der Walnuß löst sich das Exokarp bei der Ernte ab (Fig. 70); ähnlich verhält sich die Steinfrucht der Mandel. Bei der Kokusnuß ist das Exokarp faserig. Steinfrüchte mit mehreren Steinkernen hat z. B. *Rhamnus*.

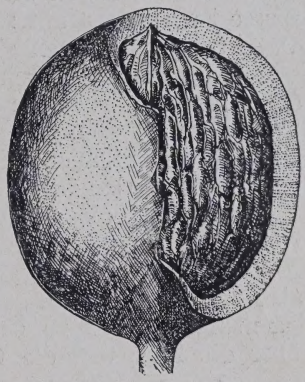


Fig. 70. Steinfrucht der Walnuß (*Juglans*); ein Teil des saftigen Exokarps ist abgebrochen, und das harte Endokarp freigelegt.

Zwischen den hier genannten Typen vermitteln allerhand Übergangsformen. Die Frucht der Roßkastanie ist eine Kapsel, deren Perikarp sich öffnet, ohne trocken oder spröde zu werden. Die Frucht der Muskatnuß wird als Beere bezeichnet, obwohl zur Zeit der Reife das Perikarp sich öffnet und den Samen bloßlegt (Fig. 67c). Apfel und Birne sind wegen ihres saftigen Perikarps als Beeren zu bezeichnen, falls man nicht wegen der festen pergamentähnlichen Hülle des „Kernhauses“ im Apfel oder der inneren steinigkörnigen Schichten der Birnenfurcht es vorzieht, beide zu den Steinfrüchten zu rechnen.

Ist das Gynaeceum apokarp, so entstehen ebensoviele Früchtchen, als Fruchtknoten vorhanden sind. Bei dem Sternanis finden wir eine Gruppe radial gestellter Balgfrüchte, bei *Ranunculus* eine Gruppe von Schließfrüchten; die Himbeere stellt eine Gruppe von kleinen Steinfrüchten dar. —

Nicht nur der Fruchtknoten, sondern auch noch andere Teile der Blüte können sich während der Entwicklung der Frucht am Wachstum beteiligen, vor allem die Blütenachse epigyner Blüten (Fig. 60e); ihre Frucht geht naturgemäß nicht nur aus dem Fruchtknoten, sondern auch aus dem mit diesem verwachsenen Teil der Blütenachse hervor. Bei der Rose sind es perigyne Blüten, deren krugähnlich vertiefter Blütenboden (Fig. 60 d) zur Zeit der Fruchtreife sich vergrößert und das rote Fruchtfleisch der Hagebutte liefert. Vollends bei der Erdbeere wird der Blütenboden zu einem umfangreichen fleischigen Körper, auf dem die apokarpen Früchtchen als kleine körnchenartige Gebilde sichtbar sind. In anderen Fällen wächst der Kelch nach der Blütezeit mächtig heran; bei *Valeriana* entsteht aus ihm ein fallschirmähnliches Flugorgan; bei *Dipterocarpus* wachsen von fünf Kelchblättern zwei zu mächtigen, langen Flügeln aus; bei der als Zierpflanze geschätzten Judenkirsche (*Physalis alkekengi*) wird die reifende Beere von einem leuchtend rot gefärbten, glockenförmig erweiterten Kelch umgeben.

II. Kapitel: Anatomie.

Als Hooke in den sechziger Jahren des 17. Jahrhunderts Objekte verschiedenster Art mikroskopisch untersuchte, machte er die Entdeckung, daß die als Flaschenkork bekannte vegetabilische Materie nicht eine homogene Masse ist, sondern aus zahllosen kleinen, scharf gegeneinander abgesetzten, wabenartigen Räumen sich aufbaut. Er nannte sie Zellen.

Noch heute bezeichnet der wissenschaftliche Sprachgebrauch mit demselben Ausdruck die kleinen Bausteine, aus welchen wie der Kork alle Teile aller Pflanzen sich zusammensetzen, und die auch den Tier- und Menschenkörper aufbauen. Sind mehrere oder viele Zellen gleicher Art zu einem dauernden Verbande vereinigt, so spricht man von einem Gewebe.

Während die Anatomie der Tiere und der Menschen auch die Lehre von der Form der Organismen und den makroskopisch wahrnehmbaren Eigenschaften ihrer Organe umfaßt, hat man sich in der Botanik gewöhnt, als Anatomie lediglich die Lehre von den mikroskopisch sichtbaren Struktureigentümlichkeiten zu bezeichnen. Die Anatomie der Pflanzen hat daher über die Zelle und die Gewebe zu berichten.

A. **Zellenlehre** (Zytologie).

Über die Größe der Zellen läßt sich nicht viel mehr allgemeingültiges sagen, als daß diese bei den höheren Pflanzen fast immer erst bei Anwendung des Mikroskops erkannt werden können. Bei den niederen Pflanzen finden wir beide Extreme: sehr große Zellen und solche, die an der Grenze dessen liegen, was das Mikroskop zu zeigen vermag (Bakterien).

Die Form der Pflanzenzellen zeigt da, wo viele Zellen zu festem Gewebeverband vereinigt sind, wenig Abwechslung: kugelige, zylindrische, polyedrische, auch faserförmige Formen herrschen vor; komplizierte Gestaltung ist fast nur im Reiche der Einzelligen zu finden (Fig. 2, 3, 4, 5 und 6).

Es ist kein Zufall, daß zuerst einem pflanzlichen Objekt gegenüber von Zellen die Rede gewesen ist. Wie bei dem von Hooke untersuchten Kork haben die Zellen aller Pflanzen eine deutlich wahrnehmbare feste Hülle, durch welche jede von ihren Nachbarinnen scharf abgegrenzt und jede als Individuum leicht erkennbar wird, während den Zellen der Tiere derartige Hüllen und derartig leicht erkennbare Grenzen zu fehlen pflegen. Erst später erkannte man, daß auch die den Tierleib aufbauenden Anteile den Zellen der Pflanzen in wesentlichen Punkten gleichen und Anspruch auf denselben Namen haben.

Wir nennen die festen Hüllen der Pflanzenzellen Zellhäute oder Zellmembranen. Sie sind tot, fest und biegsam. Der von ihnen umschlossene Raum, das Lumen der Zelle, beherbergt vor allem den lebendigen

Anteil der Zelle, den Zellenleib oder den Protoplasten, der seinerseits allerhand tote Einschlüsse aufweisen kann. Als lebende Bestandteile der Pflanzenzelle werden wir das Protoplasma, kurzweg Plasma genannt, und die in ihm liegenden Zellkerne und Chromatophoren, als tote die Stärkekörner, Eiweißkörner, Kristalle u. a. m. zu behandeln haben.

Das **Protoplasma** ist eine trübe, schleimige oder zähe, eiweißreiche Flüssigkeit. Sie füllt in jugendlichen Zellen (Fig. 72) das ganze Lumen aus, in späteren Stadien kommt stets ein Tropfen klarer wässeriger Flüssigkeit, die wir Zellsaft nennen, im Innern der lebendigen protoplasmatischen Masse zur Abscheidung, der in der heranwachsenden Zelle mehr und mehr an Volumen gewinnen und in ausgewachsenen Zellen den weitaus größten Teil des Lumens in Anspruch nehmen kann. Das Protoplasma liegt dann als lückenloser, sehr dünner, oft schwer erkennbarer Belag der Membran an und durchzieht nicht selten den Zellsaftraum oder die Vakuole in Form mehr oder minder zarter Fäden oder Stränge, die sich reichlich verzweigen, zu segelartigen Lamellen sich ausbreiten, aber auch von dem wandständigen Protoplasma eingezogen werden können.

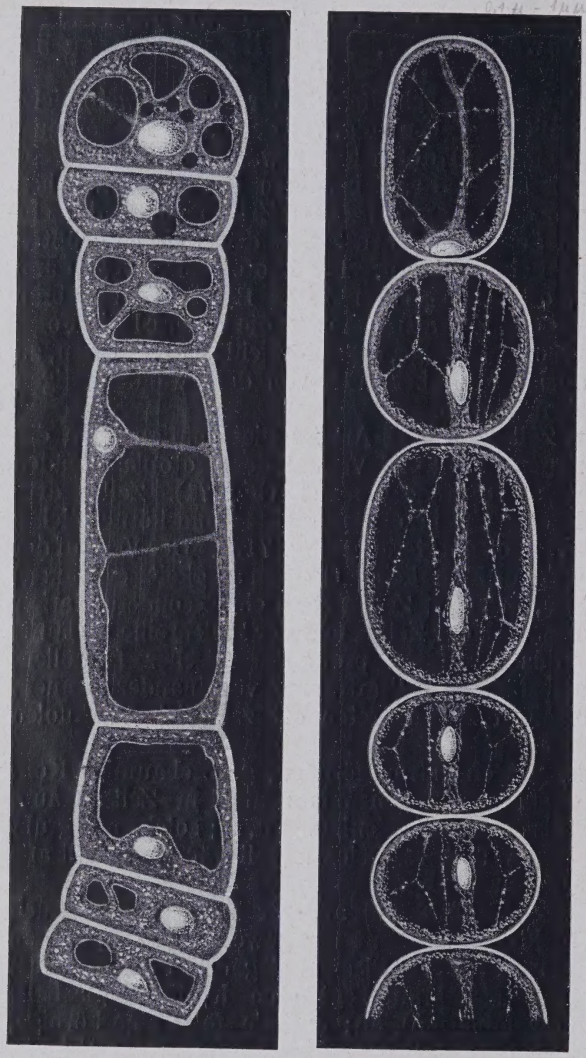
Selbst in benachbarten Zellen gleicher Art ist die Konfiguration des Plasmas oft durchaus verschieden. Zahl und Verlauf der Protoplasmafäden lassen ständig wechselnde Bilder zustande kommen (Fig. 71). Zellen drüsiger Beschaffenheit haben häufig ein besonders dichtes und körnerreiches Protoplasma mit schaumiger Vakuolenverteilung (Fig. 71 a). Der Verlauf der Protoplasmafäden läßt im allgemeinen keine Gesetzmäßigkeit erkennen; Fig. 71 b zeigt eine Zellenreihe, in deren Zellen stets ein besonders starker Protoplasmastrang in der Längsachse der Zellen und der Zellenreihe verläuft. Verhältnismäßig selten ist das Auftreten protoplasmatischer Lamellen, welche mehrere oder viele selbständige Zellsafträume voneinander trennen. In langgestreckten, fadenförmigen Zellen treten oft zahlreiche Vakuolen auf, die in einer Reihe liegen.

Bei den tierischen Zellen ist eine strangförmige, grobschaumige Konfiguration des Protoplasmas selten. Zellen mit zentralem Zellsaftraum finden wir in der Chorda dorsalis der Amphibienlarven u. a.; solche mit grobschaumig verteiltem Protoplasma und zahlreichen selbständigen Zellsafträumen sind für einige Protozoen bekannt.

Wie am Protoplasma der Amöben und anderer Protozoen ist auch an vielen vegetabilischen Objekten schon mit den gewöhnlichen optischen Hilfsmitteln leicht zu erkennen, daß der Plasmabelag der Pflanzenzellen Schichtenstruktur besitzt: der Membran liegt eine hyaline, glashelle Schicht, die Hautschicht (Hyaloplasma), an; auf sie folgt eine körnige, d. h. mit zahlreichen Granulis oder Mikrosomen ausgestattete Schicht (Körnerplasma, Polioplasma); an den Zellsaftraum grenzt das Protoplasma wiederum mit einer körnchenfreien, besonders zähen Schicht, den Vakuolenwänden. Die hyalinen und granulären Anteile sind keineswegs wesensverschiedene Arten des Protoplasmas; vielmehr wird aus Körnerplasma Hyaloplasma, wenn die Mikrosomen aus ihm verdrängt werden, und aus Hyaloplasma kann durch Einwanderung der Granula wieder Körnerplasma werden.

Ob dem Protoplasma eine schaumige Mikrostruktur zukommt, d. h. ob jeder Plasmabelag und Plasmafaden schaumig gebaut ist, muß fraglich bleiben. —

Die Mikrosome stellen eine besonders grobe Form der im Protoplasma suspendierten Körnchen dar. Überall enthält das Protoplasma — auch das hyaline — Körnchen von ultra-mikroskopischer Feinheit; es ist ein Suspensionskolloid. —



a *b*

Fig. 71. Pflanzenzellen. *a* Jugendliches Drüsenhaar von *Bryonia dioica*; oben drei drüsige Zellen mit dichtem, schaumigem Protoplasma, *b* Teil eines Staubfadenhaares von *Tradescantia guianensis*.

Daß das Protoplasma eine Flüssigkeit ist, erkennen wir daran, daß isolierte Plasmastücke, wie man sie durch Zertrümmerung lebender Zellen erhalten kann, der Kugelform zustreben, also offensichtlich den für Flüssigkeiten gültigen Kapillaritätsgesetzen gehorchen. Überdies erhellt der Flüssigkeitscharakter aus den Strömungserscheinungen, die der wandständige und der den Zellsaftraum in Strangform durchziehende Teil des Protoplasmas erkennen lassen. Namentlich wenn man geeignete Zellen durch Verwundung oder chemisch (H_2SO_4) kräftig reizt, kann die Bewegung des Protoplasmas sehr lebhaft werden: das wandständige Plasma umkreist den ganzen Zellenumfang (Rotation), und auch in den die Vakuole durchziehenden Plasmafäden wird eine strömende Bewegung sichtbar (Zirkulation), die mit der Körnchenströmung der Pseudopodien von Heliozoen usw. verglichen werden darf. Besonders geeignet zur Beobachtung der Protoplasmaströmung sind die langgestreckten Zellen vieler Wasserpflanzen (Charazeen, *Helodea*, *Vallisneria*) und die Zellen jugendlicher Haare (Fig. 71). Die Hautschicht des Protoplasmas nimmt an der Bewegung nicht teil; Zellkerne und Chromatophoren werden von der Strömung in der Zelle herumgeführt, wofern sie in der beweglichen Schicht des Protoplasmas liegen.

Den Eiweißreichtum des Protoplasmas erkennt man an seiner Gelbfärbung, die nach Zusatz von Jodjodkalium oder anderen Jodlösungen eintritt. —

Im Protoplasma, d. h. allseits von ihm umgeben liegt der **Zellkern** (Nucleus), ein rundliches oder spindelförmiges, meist in Einzahl vorhandenes, scharf umgrenztes Gebilde, das in lebenden Zellen niemals fehlt und für den normalen Fortgang vieler Lebensäußerungen der Zelle unentbehrlich ist.

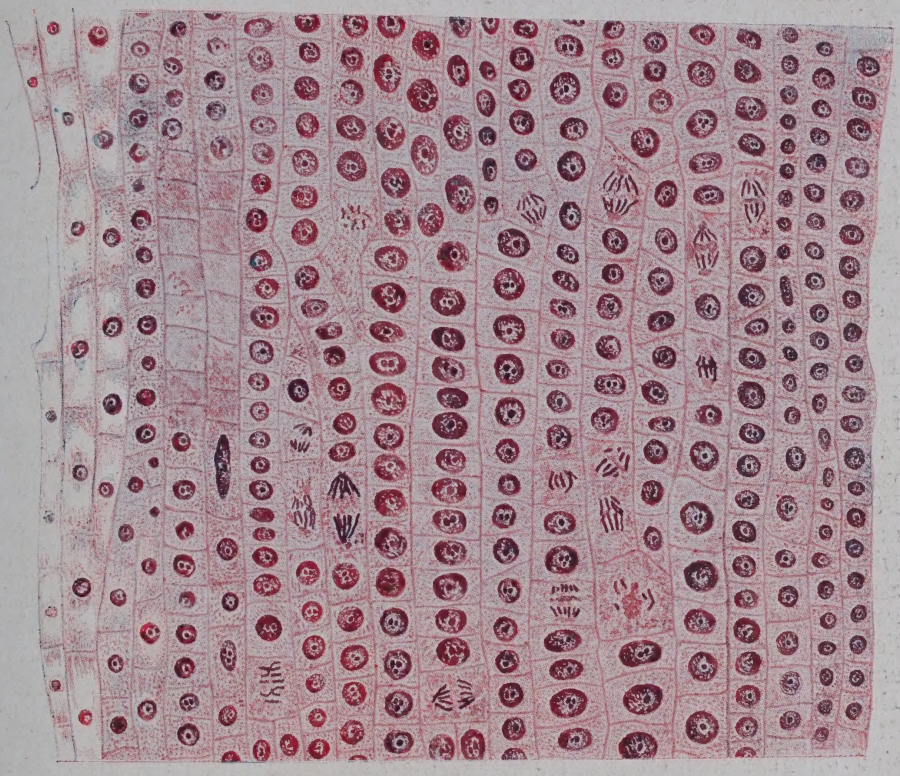


Fig. 72. Kerne in jugendlichen Zellen, nach künstlicher Färbung mit Anilinfarbstoffen. Detail aus dem Längsschnitt durch eine Wurzelspitze. Die Zellen liegen in regelmäßigen Längsreihen. An der Oberfläche der Wurzel (links) langgestreckte Zellen mit deutlich erkennbarem Zellsaftraum und kleinen Kernen. Hier und da Kernteilungsfiguren. Einige Zellen erscheinen kernlos nur deswegen, weil ihre Kerne von dem Schnitt nicht getroffen worden sind.

Die Größe des Zellkerns bleibt während der Entwicklungs- und Lebensdauer einer Zelle ungefähr dieselbe: in jungen, kleinen Zellen nimmt er einen beträchtlichen Teil des ganzen Zellvolumens ein (Fig. 72); in großen, ausgewachsenen und zellsaftreichen Zellen macht seine Masse einen verschwindend kleinen Teil des Zellenlumens aus (Fig. 71, 73). Im allgemeinen schwankt bei den höheren Pflanzen seine Größe zwischen 4 und 6 μ. Sehr kleine Kerne haben die Bakterien und die Pilze. Verhältnismäßig groß sind sie bei den Koniferen, den Monokotyledonen, den Ranunkulazeen (10—20 μ). „Riesenkerne“ finden sich in vielen Drüsenorganen und manchen Geschlechtszellen.

Die Form der Kerne ist im allgemeinen rundlich; sie gleichen runden Scheiben, linsen- oder kugelartigen Körpern. In langgestreckten Zellen sind oft auch die Kerne lang und spindelförmig; schraubenförmig gewundene sind bei den männlichen Geschlechtszellen der höheren Pflanzen gefunden worden. Kerne, die zu langen dünnen Fäden ausgezogen erscheinen, lassen sich in den Schleimbehältern einer monokotylen Pflanze (*Lycoris*) beobachten, sie können bis 1,5 mm lang werden. Auch für die tierischen Gewebe gilt die Erfahrung, daß drüsige Zellen besonders große und ungewöhnlich gestaltete Zellkerne aufweisen.

Die Lage des Zellkerns ist nicht immer gesetzmäßig fixiert. Ist ein großer Zellsaftraum vorhanden und der Plasmabelag der Zelle auf einen schmächtigen, wandständigen Belag reduziert, so liegt der Zellkern an beliebiger Stelle in ihm. Sind Plasmafäden im Zellsaftraum entwickelt, so kann der Kern auch in diesen liegen (Fig. 71 b) und von ihnen — gleichsam schwebend — in dem Zellenlumen oder dem Zellsaftraum gehalten werden (Fig. 73).

Ist das Brechungsvermögen des Zellkerns dem des Protoplasmas ähnlich, so wird er erst nach künstlicher Färbung deutlich wahrnehmbar. Bei Behandlung mit Jodlösungen (Jodalkohol, Jodjodkalium, d. h. Lösung von J in wässeriger JK-Lösung) färben sich die eiweißreichen Bestandteile des Zellenleibs gelb oder braun; besonders kräftig färbt sich der Kern. Ebenso wie der Kern der tierischen Zelle ist der pflanzliche Zellkern durch Anilinfarben gut zu färben. Bei Behandlung der Zelle mit Methylgrün, Safranin, Gentianaviolett u. a. nimmt eine im Zellkern körnig verteilte Substanz den Farbstoff reichlich in sich auf; sie wird wegen ihrer Färbbarkeit Chromatin genannt. Sie bedingt das granulierte Aussehen des Zellkerns, das schon bei Untersuchung ungefärbten Materials auffällt. Die erwähnten Färbungen treten wie an der Tierzelle erst nach Tötung des Zellenleibes auf; lebende Kerne nehmen keine Farbe in sich auf. Kunstgerechte, d. h. schnell erfolgende, die Struktur des lebenden Objekts möglichst wenig alterierende Tötung heißt Fixierung; sie wird durch Behandlung der Zellen mit Alkohol, Säuren (Chrom-, Osmium-, Essig- u. a. Säuren), Metallsalzen (Sublimat) u. a. bewirkt.

Wie das Protoplasma ist auch der Zellkern flüssig. An seinem Aufbau sind offenbar mehrere Flüssigkeiten, die sich nicht miteinander mischen, beteiligt. Besonders auffallend und meist schon bei Betrachtung lebender Zellen leicht sichtbar ist der im Zellkern liegende Nucleolus, das Kernkörperchen, das meist in Einzahl oder zu zwei oder drei, selten in größerer Reichlichkeit im Zellkern liegt. Wie das Kernkörperchen, so ist auch das Chromatin offenbar ein flüssiger Bestandteil des Zellenkerns; dafür sprechen die bei der Vermehrung der Zellen und Kerne am Chromatin sich abspielenden Veränderungen.

Niemals entsteht ein Kern aus dem Protoplasma oder anderen Bestandteilen der Zelle, sondern stets durch Teilung eines bereits vorhandenen Zellkerns („Omnis nucleus e nucleo"). Von den Vorgängen der Zellteilung und den bei dieser am Chromatin sich abspielenden Veränderungen wird später die Rede sein. —

Völlig fremd sind der Pflanzenzelle die fibrillären Differenzierungen des Protoplasten, die in der Tierzelle als Bindegewebsfibrillen, als kontraktile Muskelfibrillen oder als Nervenfibrillen gefunden werden. —

Während Protoplasma und Zellkern auch der Tierzelle eigen sind, lernen wir in den vegetabilischen **Chromatophoren** etwas der Pflanzenzelle Eigentümliches kennen.

Die Chromatophoren sind lebende, mit wichtigen Funktionen betraute Zellenorgane, die einzeln oder zu mehreren in den Zellen liegen und wie der Kern niemals anders als im Protoplasma eingebettet auftreten. Wie ihr Name sagt, sind sie Farbstoffträger oder können unter geeigneten Bedingungen zu solchen werden. Sie sind also durchaus verschieden von den Chromatophoren der Tiere, als welche man pigmenthaltige Zellen (Chamäleon, Fische, Krebse, Schnecken usw.) bezeichnet.

Die Chromatophoren sind in demselben Sinne wie der Zellkern genuine Bestandteile der Zelle: Neubildung findet niemals statt, Vermehrung erfolgt nicht anders als durch Teilung der bereits vorhandenen.

Drei Gruppen von Chromatophoren sind zu unterscheiden: Chloroplasten, Chromoplasten und Leukoplasten.

Die Chloroplasten sind die Träger des für die Vegetation charakteristischen und das Landschaftsbild bestimmenden grünen Farbstoffs, des Chlorophylls. Durch diesen werden sie weiterhin zu Trägern der für die Pflanze und das gesamte organische Leben unserer Erde so wichtigen Kohlensäureassimilation, d. h. des Prozesses, bei welchem die grüne Pflanze aus CO_2 und H_2O unter der Einwirkung des Lichtes organische Verbindungen herstellt (siehe Kapitel III).

Die Chloroplasten bestehen aus einer eiweißreichen Grundsubstanz, dem Stroma, dem der grüne Farbstoff in kolloidaler Verteilung eingelagert ist. Bescheidene Formveränderungen, zu welchen das Stroma befähigt ist, sprechen für seinen Flüssigkeitscharakter.

Bei den höheren Pflanzen sind die Chloroplasten meist klein und linsenförmig; gewöhnlich liegen sehr viele, oft gegen hundert in jeder grünen Zelle. Man nennt sie Chlorophyllkörner.

Bei den niederen Gewächsen — soweit sie Chromatophoren haben — treten neben denselben Formen und derselben Größenordnung sehr mannigfaltig gestaltete und erstaunlich große Chloroplasten auf; sie gleichen ebenen oder gekrümmten, lückenlosen oder durchbrochenen Platten, verzweigten oder unverzweigten Bändern, strahlig verzweigten Gebilden usw. Als bekanntes Beispiel und ein für physiologische Forschungen beliebtes Objekt ist die in unseren Tümpeln weit verbreitete Gattung *Spirogyra* zu nennen, deren zylindrische Zellen ein oder mehrere schraubenförmig gewundene Chlorophyllbänder enthalten (Fig. 73).

In den Chloroplasten sind außer Chlorophyll noch gelbe Farbstoffe enthalten. Wenn bei der herbstlichen Laubverfärbung das Chlorophyll schwindet, so überwiegen sehr bald die gelben Anteile; dasselbe gilt für die gelbgrünen Ziersträucher unserer Gärten (*Sambucus* u. a.). Bei vielen Algen, zumal den meerbewohnenden, ist das Überwiegen nichtgrüner Pigmente eine weit verbreitete und sinnfällige Erscheinung: die Blaualgen enthalten neben Chlorophyll das blaue Phykozyan und gelbe Karotine, die Rotalgen neben Chlorophyll das rote Phykoerythrin, die Braunalgen grüne, gelbe und braune Pigmente usw.

Fetttröpfchen und Eiweißkristalle sind weit verbreitete Einschlüsse der Chloroplasten. Bei den sog. Pyrenoiden, die namentlich in den Chromatophoren der Algen gefunden werden, handelt es sich um Eiweißkörper, die einen Eiweißkristall zu enthalten scheinen; sie können mächtige knoten-

artige Auftreibungen der Chromatophoren zustande bringen und zu mehreren in einem Farbstoffträger auftreten (Fig. 73). —

Daß aus farblosen Samen, farblosen Knollen oder Zwiebeln sich grüne, chloroplastenreiche Pflanzen entwickeln, obwohl Chloroplasten, wie eben mitzuteilen war, niemals neu gebildet werden können, erklärt sich daraus, daß in den Zellen jener Organe reichlich Leukoplasten enthalten sind, d. h. Vertreter der zweiten Kategorie von Chromatophoren, die zunächst pigmentlos sind, aber unter geeigneten Umständen — namentlich bei Belichtung — Chlorophyll entwickeln und zu Chloroplasten werden können.

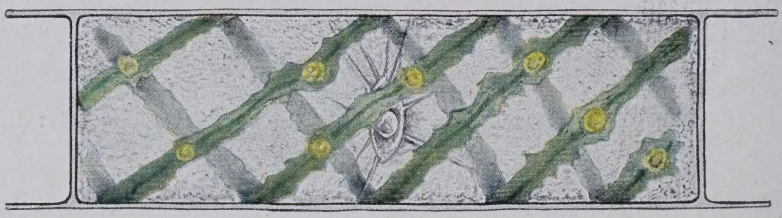


Fig. 73. Zelle mit schraubenbandähnlichen Chloroplasten (*Spirogyra*). Der Zellkern in der Mitte des Zellsaftraumes an zarten Protoplasmafäden aufgehängt. In den Chloroplasten zahlreiche Pyrenoide.

Den Leukoplasten geht — solange sie farblos sind — die Fähigkeit ab, aus CO_2 und H_2O Stärke aufzubauen; wohl aber sind sie imstande, Zucker in Stärke umzuwandeln.

Leukoplasten, die auch bei Belichtung dauernd farblos bleiben, treten in den Zellen der Epidermis, in den weißen Anteilen panaschierter Pflanzen (s. Kap. V) u. a. auf.

Chromoplasten schließlich sind gelb oder rotgelb gefärbte Organe der Zelle, die aus Leuko- oder Chloroplasten hervorgehen, gelegentlich auch wieder in grüne Chromatophoren sich zurückverwandeln können. Chromoplasten geben den hellbraunen fruchtbaren Halmen des Ackerschachtelhalms (Fig. 53), den *Orobanche*-Arten unserer Wälder u. a. ihre Farbe, füllen während der kalten Jahreszeit die Zellen mancher im Winter sich schmutzigrot färbenden Koniferen und finden sich vor allem in gelben und gelbroten Blüten und Früchten (Tomaten, Hagebutten u. v. a.).

In dem Stroma der Chromoplasten sind gelbe Farbstoffe enthalten, die zum Teil eine starke Neigung zum Kristallisieren entwickeln und durch diese den Chromatophoren spindelartig gestreckte, kantige Formen aufnötigen. In den Zellen der Möhre vollends liegen nur plättchen- oder nadelförmige Farbstoffkriställchen (Karotin) vor; lebendes Chromatophorenstroma fehlt ihnen völlig.

Den roten karotinhaltigen Augenfleck oder das Stigma, das bei den Schwärmsporen vieler Algen, bei Flagellaten und Peridineen sichtbar ist, hat man als einen chromoplastenartig metamorphosierten Chloroplasten oder als Stück eines solchen gedeutet. —

Chondriosomen (Plastosomen, Plastokonten usw.) sind kleine, körnige oder fadenähnliche Einschlüsse des Protoplasmas, die in den letzten zehn Jahren für viele Tier- und Pflanzenzellen beschrieben worden sind. Trotz dem gewaltigen Umfang der ihnen gewidmeten Literatur besteht noch keine Sicherheit über ihre Natur. Die Vermutung, daß Chromatophoren aus ihnen hervorgehen, ist offenbar unzutreffend. Selbst die Frage, ob sie

lebendige Anteile der Zelle oder myelinartige tote Produkte sind, ist noch nicht entschieden. —

Von allen **toten Inhaltskörpern** der Zelle sind die Stärkekörner die wichtigsten.

Stärkekörner entstehen niemals anders als im Innern der Chromatophoren.

Als erstes sichtbares Produkt der bei Licht sich abspielenden Kohlenstoffverarbeitung (s. III. Kapitel) erscheinen in den Chloroplasten kleine Stärkekörnchen, die sog. Assimilationsstärke (Fig. 74). Die Dimensionen der in den grünen Farbstoffträgern liegenden Stärkekörnchen bleiben im allge-

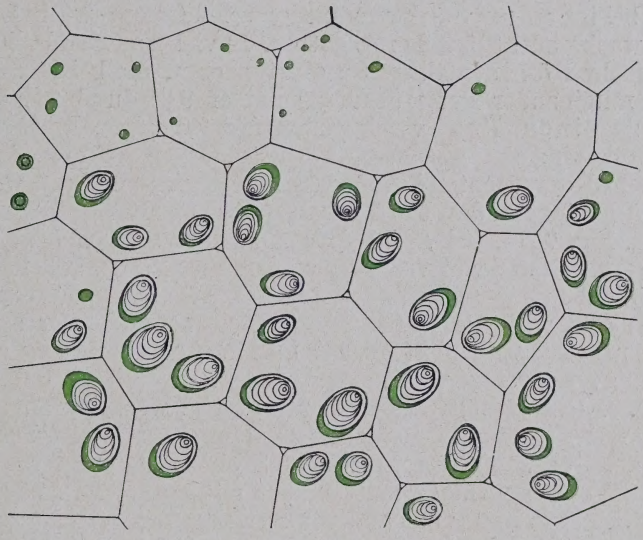


Fig. 74. Bildung von Stärke in den Chloroplasten; Zellen aus dem Querschnitt des Stengels einer *Pellionia*.

meinen bescheiden — namentlich deswegen, weil das während der hellen Tagesstunden entstandene Korn nachts wieder verschwindet, indem es in Zucker, ein wasserlösliches Kohlehydrat, verwandelt wird. In dieser Form wandert, wie später ausführlicher zu zeigen sein wird, das Produkt der Assimilationsarbeit von Zelle zu Zelle nach den Orten des Verbrauchs oder der Magazinierung.

Zucker kann wieder in Stärke zurückverwandelt werden. Das geschieht namentlich in den Speicherorganen der Pflanzen, in welchen gewaltige Massen von Stärke deponiert werden. Bekannte Beispiele für unterirdische Stärkespeicher sind die Knollen der Kartoffel, die Rhizome der Schwertlilie usw. Oberirdische Speicherorgane sind vor allem die Samen, in welchen sehr oft — z. B. bei den Getreidearten — sehr reichlich Stärke zur Ablagerung kommt. In den Speicherorganen bauen farblose Chromatophoren — Leukoplasten (s. o.) — aus Zucker Stärkekörner auf (Reservestärke), die in vieltägigem Wachstum ungleich größere Dimensionen erreichen können als die Körnchen der Assimilationsstärke.

Solange ein Stärkekorn wächst, liegt es in der Masse des Chromatophoren eingebettet; von diesem wird die Stärke lamellenweise auf die bereits vorhandenen Stärkekörner niedergeschlagen (Wachstum durch Apposition); in vielen Fällen bleibt dieser Wachstumsmodus in deutlicher Schichtung der Stärkekörner dauernd kenntlich. Ausgewachsene Stärkekörner können nach Schwund der Chromatophorenhülle in die Vakuole geraten.

Die Masse der in einer Zelle liegenden Stärkekörner kann so groß sein, daß das ganze Zellenlumen von solchen vollgepackt erscheint, und der Raummangel den wachsenden Stärkekörnern polyedrisch abgeplattete Formen aufnötigt (*Zea Mays*). In andern Fällen liegen die Stärkekörnchen so locker in der Zelle, daß sie bei jeder Lageänderung des betreffenden Organs sich ihrerseits umlagern (bewegliche Stärke, vgl. III. Kapitel).

Auch bei intensiver Stärkeproduktion ist in Chloro- wie in Leukoplasten oft nur ein wachsendes Stärkekorn sichtbar. In vielen andern Fällen entstehen zwei oder mehr Körner in einem Chromatophoren, die bei fortschreitendem Wachstum miteinander in Berührung kommen und durch neu aufgelagerte Schichten zu einem Korn vereinigt werden können. In den Zellen der Kartoffelknolle sind zusammengesetzte Stärkekörner häufig, die aus zwei, drei oder mehr Komponenten bestehen — Zwillinge, Drillinge usw. (Fig. 75 a); bei den Stärkekörnern des Hafers werden bis mehrere hundert Teilstücke gezählt (vgl. Fig. 75 c), bei *Spinacia glabra*, dem Spinat, über 30 000.

Der Vergleich der von verschiedenen Pflanzenarten gelieferten Stärkearten zeigt nicht nur in Form und Größe der Körner, sondern auch in ihrer inneren Struktur wichtige Unterschiede. Die Stärkekörner der Kartoffel sind sehr deutlich geschichtet (Fig. 75 a), d. h. es wechseln Lagen ungleichen Lichtbrechungvermögens, wasserarme und wasserreiche Schichten miteinander ab. Konzentrische Schichtung liegt vor, wenn der Mittelpunkt der Schichtung mit dem mathematischen Zentrum des Korns zusammenfällt (Leguminosen, Fig. 75 b) — exzentrische Schichtung, wenn die beiden ausgezeichneten Punkte nicht zusammenfallen (Kartoffel, Fig. 75 a); in vielen Stärkearten ist Schichtung nur andeutungsweise oder gar nicht zu erkennen (Weizen u. v. a.). Bei Zuführung von Wasser quellen die Stärkekörner; bei den Körnern der Leguminosensamen erfolgt die Quellung ungleichmäßig — derart, daß die Körner zerreißen und von einem System von Spalten durchzogen werden.

Die Mikrostruktur der Stärkekörner ist eine kristallinische: die nadeldünnen Kriställchen, aus welchen wir uns jene auf Grund ihres optischen Verhaltens aufgebaut denken können, sind radial orientiert. Dieser Bau gibt den Stärkekörnern den Charakter von Sphärokristallen; „zwischen gekreuzten Nikols“ (im polarisierten Lichte) lassen sie auf hellem Grund ein dunkles Kreuz erkennen, dessen Schnittpunkt im Wachstumszentrum der Körner liegt.

Der Stärkereichtum mancher Speicherorgane der Pflanzen ist so groß, daß ihre technische Verwertung, vor allem im Dienste der menschlichen Ernährung, möglich ist. Beim Mahlen werden die Getreidekörner und andere mehlliefernde Objekte zertrümmert und die Stärkekörner aus den Zellen befreit. Gutes Mehl besteht fast ausschließlich aus Stärkekörnern. An der Form, der Größe, der Schichtung der Körner vermag der Mikroskopiker deren Ursprung zu erkennen. Weizen („*Amylum tritici*“): undeutlich geschichtete, kreisrunde, linsenförmige „Großkörner“ (20—30 μ Durchm.) und zahlreiche etwa 6 μ große „Kleinkörner“; zusammengesetzte Körner selten. Roggen: ähnlich wie Weizen, zuweilen größere Körner (40—50 μ). Konzentrische Schichtung an den Großkörnern oft erkennbar; oft strahlig zerrissen (Fig. 75d). Gerste: der Weizenstärke ähnlich 20—30 μ). Umrisse der Großkörner oft bohnenähnlich. Schichtung oft erkennbar.

Hafer: ca. 60 μ große, hoch zusammengesetzte Körner (bis 200 Teilstücke), die Teilstücke polyedrisch oder spindelförmig. Reis: dem vorigen ähnlich; bis 100 polyedrische Teilstücke („*Amylum oryzae*"). Leguminosen (Erbse, Linse, Bohne u. a.): große Körner mit deutlicher konzentrischer Schichtung; bei Benetzung zerreißen die Körner und lassen strahlig verzweigte Risse sichtbar werden (Fig. 75 b) Kartoffel: die größten aller technisch verwertbaren Stärkekörner (70—100 μ), unregelmäßig ei- oder muschel-

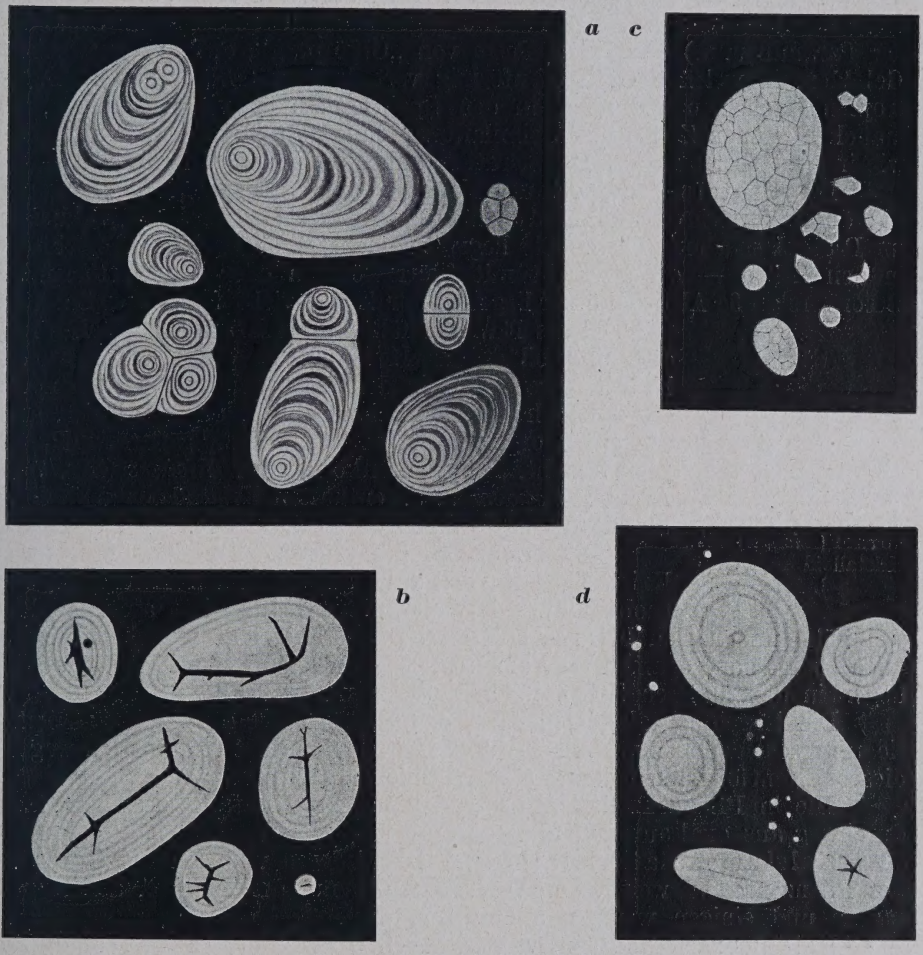


Fig. 75. Stärkekörner verschiedener Herkunft: *a* Kartoffel, einfache und zusammengesetzte Körner, *b* Puffbohne, *c* Hafer, zusammengesetzte Körner und Teilstücke, *d* Roggen, Groß- und Kleinkörner, erstere in Flächen- und Seitenansicht.

förmig, Schichtung sehr deutlich exzentrisch; Zwillinge, Drillinge, gelegentlich auch höher zusammengesetzte Kornindividuen (Fig. 75 a). Maranta: sog. westindisches Arrow-root, nur einfache, deutlich exzentrisch geschichtete, regelmäßig eiförmig gestaltete Körner (30—40 μ); am Wachstumszentrum meist ein feiner Spalt. Tapioca: Kassawamehl, brasilianisches Arrow-root; zusammengesetzte Stärkekörner, die in der Handelsware meist in ihre Zwillings- oder Drillingsstücke zerfallen vorliegen und oft halbkugelige oder „paukenförmige", 15—25 μ breite Stücke liefern. Schichtung nicht immer deutlich. —

Ein unentbehrliches Hilfsmittel zur mikroskopischen Erkennung der Stärke ist Jod (Lösungen wie oben S. 62), welches Stärke blau oder blauschwarz färbt. KOH und

Chloralhydrat bringen Stärke zum Verquellen. Beim Backen oder überhaupt beim Erhitzen auf hohe Temperaturen verquellen die Stärkekörner leicht und büßen dabei ihre charakteristische Form und Schichtung zuweilen ein.

Fette und fette Öle, so weit sie nicht aufs feinste emulgiert im Protoplasma verteilt sind, erscheinen in der Pflanzenzelle als Tropfen — dieser Fall ist der häufigste (Samen von *Ricinus*, des Leins, der Umbelliferen usw.) — oder in Form nadelförmiger Kristalle (Samen der Ölpalme, der Paranuß u. a.) — oder in Form von „Ölkörpern", d. h. plasmatischen Gebilden, in welchen Öl tropfenförmig verteilt liegt (Lebermoose). Fetttropfen erscheinen vor allem in den Speicherorganen vieler Pflanzen, in manchen grünen Zellen als Assimilationsprodukt an Stelle der Stärke, sowie in absterbenden, der Degeneration anheimfallenden Zellen usw. —

Die Proteïn- oder Aleuronkörner sind amorphe Eiweißmassen, die durch fortschreitende Eindickung des Inhalts eiweißreicher Vakuolen im Protoplasma entstehen. Sie liegen zu mehreren oder in großer Menge in den Zellen — oft gemischt mit Stärkekörnern oder mit Fetttropfen. Besonders große Aleuronkörner liegen in den Zellen vieler fettreicher Samen; ein Teil des Eiweißes fällt in den Körnern kristallinisch aus und bildet das Kristalloid des Aleuronkornes. Neben diesem liegt in dem Aleuronkorn zuweilen noch ein rundliches, eiweißfreies Gebilde, das Globoid, das aus einem organischen, mit Ca und Mg gepaarten Phosphat besteht. Die Aleuronkörner von *Ricinus* (Fig. 76), *Linum*, *Papaver* u. a. enthalten Kristalloide und Globoide, die des Kakaos nur Kristalloide.

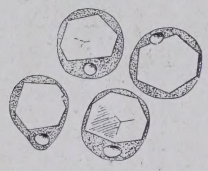


Fig. 76. Aleuronkörner (*Ricinus*) mit Kristalloid und Globoid.

Die Neigung des pflanzlichen Eiweißes zum Kristallisieren wird auch außerhalb der Aleuronkörner beobachtet. Eiweißkristalloide ohne amorphe Eiweißhülle finden sich bei vielen Meeresalgen (Florideen), manchen Pilzen, auch bei Phanerogamen. Wohlentwickelte hexaëdrische Eiweißkristalle liegen in den äußeren Zellenschichten der Kartoffelknolle.

Die Eiweißkristalloide gleichen den echten Kristallen in ihrer Form; sie unterscheiden sich von ihnen durch ihre Quellbarkeit und werden wegen dieser Eigentümlichkeit jenen als Kristalloide gegenübergestellt.

Die in Pflanzenzellen auftretenden echten Kristalle bestehen fast durchweg aus oxalsaurem Kalk.

Kalziumoxalatkristalle sind bei niederen und höheren Gruppen des Pflanzenreichs weit verbreitet; sie fehlen nur den Moosen, den Zyperazeen und einigen wenigen andern Familien.

Kalziumoxalat fällt in verschiedenen Kristallformen aus, die dem quadratischen und monoklinen System angehören. Namentlich die monoklinen Kristalle leuchten im polarisierten Licht hell auf.

Liegen allseits wohlausgebildete Kristalle vor, so spricht man von Einzelkristallen (Fig. 77 a); morgensternähnliche vielspitzige Kristallaggregate heißen Drusen (Fig. 77 b): diese wie jene liegen meist einzeln in den Zellen. Zu Bündeln vereinigt zeigen sich die nadelförmigen Raphiden (Fig. 77 c). Liegen viele kleine Einzelkristalle in der nämlichen Zelle, so spricht man von Kristallsand — seine einzelnen Körner sind entweder wohlentwickelte Kristallindividuen („*Radix Ratanhiae*") oder zeigen nur noch andeutungsweise kristallinische Formen („kryptokristallinisches" Kalziumoxalat in den Blättern des Tabaks u. v. a.).

In den Zellen vieler Pflanzen treten mehr als eine Kristallform auf, doch nicht in gesetzlosem Wechsel, sondern im allgemeinen derart, daß bestimmte Kristallformen an bestimmte Gewebeformen gebunden sind.

Die Größe der Kristalle schwankt innerhalb weiter Grenzen. Die Prismen, die in „*Rhizoma Iridis*“ liegen, können 200 μ lang werden. Das Gewicht eines Einzelkristalls aus dem Blatt der Agave wird mit 0,00055 mg angegeben. Riesenhafte Drusen enthält das Rhabarberrhizom. Die Raphiden der Meerzwiebel („*Bulbus Scillae*“) können fast $^2/_3$ mm lang sein; winzig klein sind die Raphiden in den Salepknollen der Orchideen (Fig. 51).

Kieselsäurekonkretionen oder Kieselkörper, die frei im Lumen der Zelle liegen oder dieses vollkommen ausfüllen, sind bei Palmen, Orchideen, Szitamineen, auch bei dikotylen Pflanzenfamilien zu finden. —

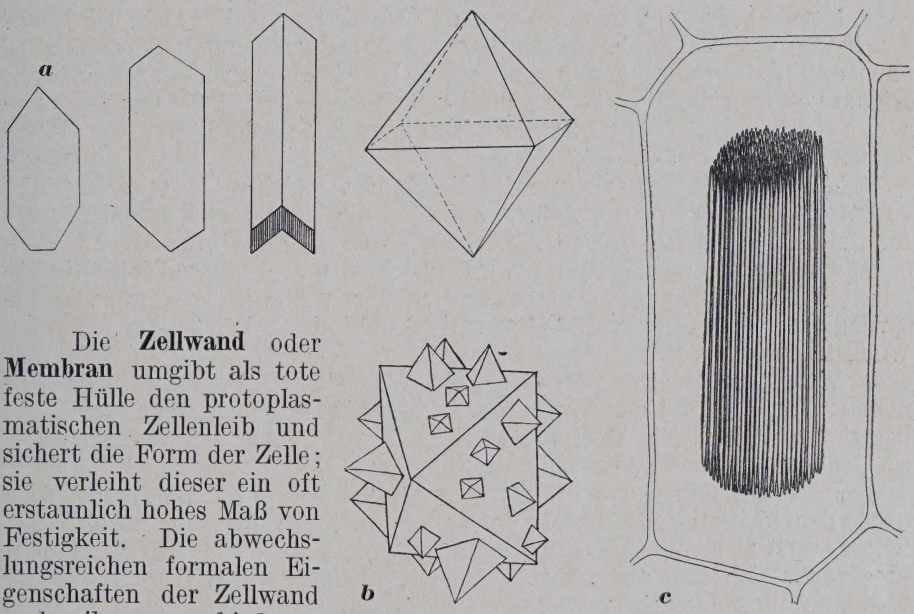


Fig. 77. Kristalle der Pflanzenzelle aus Kalziumoxalat: *a* Einzelkristalle, die ersten drei aus der *Quillaja*-Rinde, *b* Drusen, *c* Raphiden.

Die **Zellwand** oder **Membran** umgibt als tote feste Hülle den protoplasmatischen Zellenleib und sichert die Form der Zelle; sie verleiht dieser ein oft erstaunlich hohes Maß von Festigkeit. Die abwechslungsreichen formalen Eigenschaften der Zellwand und ihre verschiedenen chemischen Modifikationen stehen in den mannigfaltigsten Beziehungen zu den Lebensäußerungen der Zelle und des ganzen Organismus. Auch die Untersuchung abgestorbener Pflanzenteile, an welchen nur noch die Membranen erhalten sind, und selbst die mikroskopische Prüfung fossiler Pflanzenreste und ihres Zellhautgerüstes vermag uns noch viele wertvolle Aufschlüsse über den Bau und die Funktion der Zellen und der aus ihnen gebildeten Gewebe zu geben.

Die Bedeutung der Zellmembranen für die Form der Zelle und ihre Dauerhaftigkeit rechtfertigen es, daß in vielen pflanzenanatomischen Abbildungen — auch in vielen Figuren des vorliegenden Buches — nur die Membranen eingetragen sind.

Die tierischen Zellen haben keine Membranen, wenn auch in manchen Geweben die äußersten Plasmaschichten des Zellenleibes eine besonders zähe

Beschaffenheit annehmen und der Zelle alsdann wohl ebenso deutliche Grenzen aufprägen, wie es im Pflanzenkörper durch die Membranen geschieht. Produkte des tierischen Zellenprotoplasmas, die morphologisch mit der vegetabilischen Membran verglichen werden können, sind vom hyalinen Knorpel (Knorpelkapseln) und von der als Grund- oder Interzellularsubstanz bezeichneten homogenen oder reich differenzierten Masse bekannt. Die komplizierte fibrilläre und anders geartete Differenzierung, die an der Interzellularsubstanz mancher tierischer Gewebe gefunden wird, findet in den Qualitäten der vegetabilischen Zellmembran kein Analogon.

Die Membranen sind in allen Fällen ein totes Produkt des lebenden Protoplasmas; auch alle nachträglichen morphologischen und chemischen Veränderungen, die die Membranen lebender Zellen erfahren, gehen mittelbar oder unmittelbar von der Tätigkeit des Protoplasmas aus.

Morphologische Veränderungen der Membran spielen sich bei jedem Wachstum der Zelle ab. Diese kann keine Volumenzunahme erfahren, ohne daß die Membran sich streckt, d. h. Flächenwachstum erfährt. Hierzu kommen die höchst mannigfaltigen Veränderungen, die das Dickenwachstum, d. h. die nachträgliche Verdickung ursprünglich dünner Membranen mit sich bringt.

Wie das Flächenwachstum der Membran vor sich geht, ist nicht leicht zu entscheiden. Vielleicht werden zwischen die bereits vorhandenen Membranteilchen in der Richtung der Fläche neue eingelagert (Intussuszeption) — oder die wachsende Membran wird gedehnt und durch gleichzeitig erfolgende Anlagerung neuer Lamellen wieder verstärkt und auf die ursprüngliche Dicke gebracht (Apposition). Wahrscheinlich kommen beide Wachstumsmodi vor.

Wenn alle Teile der Membran einer Zelle am Flächenwachstum teilnehmen, und überall das Wachstum in allen Richtungen gleich stark sich betätigt, so bleibt die Gestalt der Zelle dieselbe, und die ausgewachsene ist der jugendlichen „ähnlich“ im Sinne des Mathematikers.

In vielen Fällen beschränkt sich das Wachstum auf bestimmte Teile der Zelle und bestimmte Bezirke der Membran. Bei vielen schlauchförmigen Zellen spielt sich nur Spitzenwachstum ab, die Formveränderung der Zelle beschränkt sich also auf Längenzunahme. Erfolgt die Einlagerung neuer Membranteilchen nach verschiedenen Richtungen verschieden stark, so ergeben sich verschiedene Formveränderungen der Zelle: erfährt eine zylindrische Zelle nur Einlagerung in longitudinaler Richtung, so wird der Zylinder länger; erfährt sie Einlagerungen in tangentialer Richtung, so wird die Zelle dicker; beschränkt sich das Flächenwachstum auf eng umschriebene Bezirke der Membran, so entstehen an der Zelle lokale Auftreibungen, Hörner, Seitenzweige verschiedener Art.

Das Dickenwachstum der Zellhaut erfolgt durch Apposition der vom Protoplasma neugebildeten Membranlamellen; die innersten Schichten einer Membran sind die jüngsten. Mit jeder Lamellenauflagerung büßt das Lumen der Zelle an Umfang ein; schließlich bleibt von ihm, wenn das Dickenwachstum der Membran lange genug fortgesetzt wird, nur ein äußerst enger, strich- oder punktförmiger Raum übrig. Wie bei vielen Stärkekörnern bleibt auch bei vielen verdickten Membranen eine deutliche Schichtung als Ausdruck ihres Appositionswachstums erkennbar.

Selten ist die Verdickung der Membran an allen Teilen der Zelle ringsherum gleich stark. Bei Zellen, die in festem Zusammenhang mit andern

sich entwickeln, ist vielmehr die Verteilung der aufgelagerten Membranmassen ungleich. Sehr häufig ist das Wachstum der Membran exzentrisch, derart, daß an einer Seite der Zelle viel, an den andern nur wenig Material aufgelagert wird (Fig. 78 d). Vor allem und besonders häufig sehen wir es zur Tüpfelbildung kommen, d. h. an eng umgrenzten Stellen bleibt das Dickenwachstum der Membran aus, und behält die Zellhaut ihre ursprüngliche geringe Stärke; solche Stellen heißen Tüpfel. Je mächtiger die rings um das Tüpfel erfolgende Membranverdickung wird, desto tiefer wird die Einsenkung über der unverdickt gebliebenen Stelle der Membran. Fig. 78 a zeigt eine mäßig stark verdickte Wand; alle Teile der Membran sind reichlich punktiert oder getüpfelt; von oben gesehen zeigen sich die Tüpfel in ihrer rundlichen Querschnittsform und könnten leicht für feinporige Durchbrechungen der Membran gehalten werden, wenn nicht die ihrer Länge nach getroffenen, auf den Umfang der Zelle unregelmäßig verteilten Tüpfel erkennen ließen, daß sie unverdickt gebliebene Stellen der Membran sind.

Je höher die auf der ursprünglich zarten Membran aufgelagerten Verdickungsmassen werden, um so länger werden die Tüpfelkanäle, d. h. die ausgesparten proto-

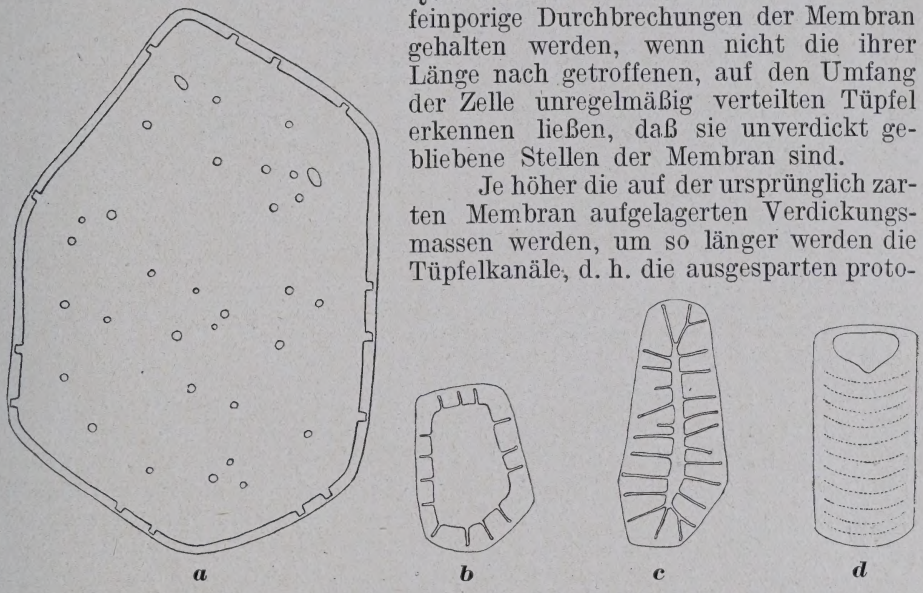


Fig. 78. Dickwandige Zellen: *a* Tüpfel bei hoher und mittlerer Einstellung auf eine dickwandige Zelle, *b* und *c* dickwandige „Steinzellen“ aus der Zimtrinde, bei *c* verzweigte Tüpfel, *d* exzentrisch verdickte Zelle aus dem Kardamomensamen.

plasmaerfüllten Räume, die von dem Lumen der Zelle zur Wand führen. Fig. 78 b und c zeigen zwei rundliche „Steinzellen“ von verschiedenem Verdickungsgrad der Membran; bei c haben sich die Tüpfelkanäle bei fortgesetzter Membranverdickung hie und da vereinigt, so daß „verzweigte“ Formen zustandekommen.

Sehr viel seltener als die Tüpfelbildung ist der umgekehrte Fall, in dem die Membran im allgemeinen zart bleibt, und nur an eng umgrenzten Stellen stift- und zapfenartige Membranverdickungen entstehen. Zahlreiche stiftartige Membranvorsprünge haben die Wurzelhaarzellen von *Stratiotes aloides* (Fig. 79 a). Vergleichbares liegt bei Bildung der sog. Zystolithen vor: es entstehen einzelne, stiftartige Verdickungen der Membran. Diese wachsen in das Lumen der Zelle vor. Aus dem Stift wird durch weiteres Wachstum und Verdickung der Spitze ein ansehnlicher Klöppel, der sich stark mit kohlensaurem Kalk beladen kann (Fig. 79 b). —

Jede Neuproduktion von Membranlamellen geht vom lebenden Zellinhalt aus. Es versteht sich hiernach von selbst, daß die neuen Lamellen stets innen auf die bereits vorhandene Membran abgelagert werden, und das Dickenwachstum der Zellhaut sich zentripetal abspielt. Nur in denjenigen seltenen Ausnahmefällen kann außen

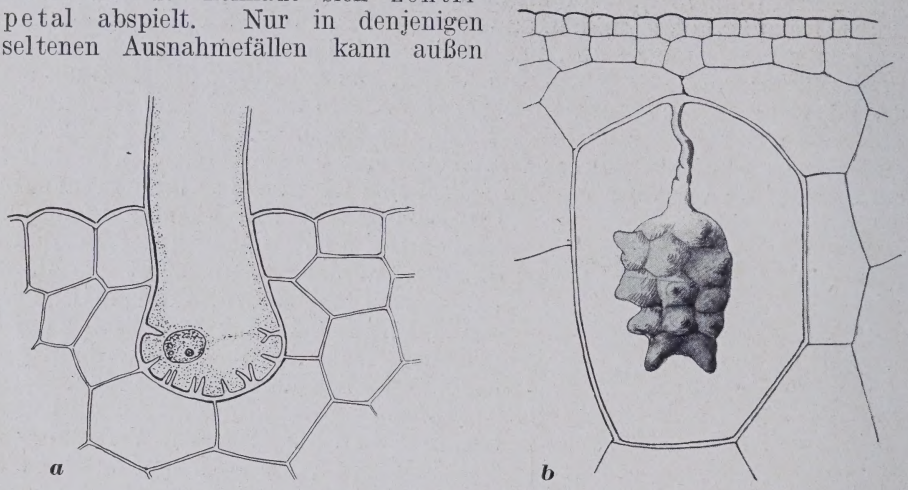


Fig. 79. Stift- und klöppelähnliche Membranverdickungen: *a* Zahlreiche stiftartige Verdickungen aus dem Wurzelhaar von *Stratiotes aloides*, *b* Zystolith aus dem Blatt des Zimmergummibaumes (*Ficus elastica*).

auf der Membran neue Substanz aufgelagert werden und das Dickenwachstum zentrifugal sich betätigen, wenn außen der Zelle Protoplasma aufliegt. Dieser Fall tritt bei den Sporen vieler niederer Pflanzen und bei vielen Pollenkörnern ein. Fig. 80 zeigt das Pollenkorn einer Malve, auf dessen Membran zentrifugales Dickenwachstum spitze Stacheln aufgetragen hat. Das Protoplasma, das ihre Bildung bewirkte, stammte von benachbarten Zellen, die sich auflösten und ihren Inhalt als sog. Periplasmodium auf die Pollenkörner gelangen ließen. —

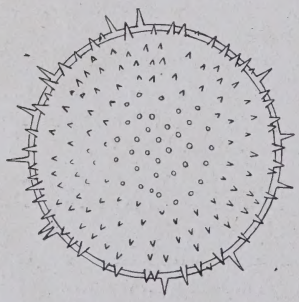


Fig. 80. Zentrifugale Membranverdickungen: Pollenkorn von *Malva silvestris*.

Mit den Stärkekörnern (s. o.) stimmt die Membran durch ihren Kohlehydratcharakter, ihr Appositionswachstum und ihren lamellösen Bau überein. Die Schichten dicker Membranen können sich durch ihr Brechungsvermögen und ihr mikrochemisches Verhalten deutlich voneinander unterscheiden; vor allem ist die innerste, dem Protoplasma zugewandte Schicht oft von den andern unterschieden. Ist keine Schichtung in der Membran zu erkennen, so kann solche zuweilen durch Behandlung mit Säuren und Alkalien sichtbar gemacht werden. Mit der Lamellenstruktur verbindet sich bei manchen Zellen eine in Schraubenlinien ansteigende Streifung der Membran; Zellen solcher Art zerreißen bei der Präparation leicht in schraubenförmige Bänder.

Wie die Stärkekörner erweisen sich auch die Membranen im polari-

sierten Licht doppeltbrechend; auch die Membranen hat man daher aus feinsten kristallinischen Elementen sich aufgebaut zu denken. —

Im chemischen Sinn wird bei den meisten Pflanzen die Grundlage der Zellwände von einem Kohlehydrat, der Zellulose, geliefert, dem wohl überall mehr oder minder reichliche Mengen anderer Kohlehydrate (vgl. IV. Kapitel) beigemischt sind. Hierzu kommen noch eine Reihe weiterer organischer und anorganischer Verbindungen, deren Einlagerung in die Membran bestimmter Zellenarten diese in hervorragender Weise kennzeichnen hilft.

1. Verholzung: Einlagerung eines „Holzstoffes" oder des Lignins, das mit Phlorogluzin + HCl kräftige Rotfärbung der Membranen gibt. Sehr oft beschränkt sich die Verholzung auf bestimmte Lamellen der Membran; die innerste Schicht pflegt unverholzt zu bleiben. Verholzung kennzeichnet vor allem die Zellen des Holzes.

2. Verkorkung: Einlagerung von Korkstoff oder Suberin in die Membranen oder bestimmte Lamellen der Zellhaut. Nachweis durch Sudan III, dessen Lösung verkorkte Membranen, namentlich bei Erwärmen, rot färbt — oder durch konzentr. H_2SO_4, welche verkorkte Membranen in der Kälte nicht zerstört, die aus reiner Zellulose bestehenden aber schnell verschwinden läßt.

3. Kutinisierung: Einlagerung von Kutin in die Außenwände oberflächlich gelegener Zellen und in die Membranen vieler Sekretzellen. Nachweis wie bei Verkorkung.

4. Die wichtigsten anorganischen Einlagerungsstoffe sind Kalziumkarbonat und Kieselsäure. Kalkdepots von geringem Umfang sind die Zystolithen (s. o. Fig. 79 b). Kalkeinlagerung großen Stils zeigen die steinharten korallenartigen Thalli der Kalkalgen. Verkieselungen der Membran machen die Blätter der Gräser scharf, das Stroh spröde und das Kraut des Schachtelhalms, des „Zinnkrauts", so rauh, daß es zum Putzen metallener Gegenstände tauglich wird.

Physikalische und chemische Verwandlungen liegen vor, wenn Membranen sich in Gallert, Schleim oder Gummi, also in besonders wasserreiche Modifikationen verwandeln. Gallertige Membranen sind von vielen Algen her bekannt (Carragheen, Agar-Agar): bei Zuführung von H_2O schwellen sie stark an, bei Wasserentzug schrumpfen sie wieder. Membranschleime sind an der Oberfläche vieler Samen (Lein u. a.), in vielen schleimhaltigen Blatt- und Blütendrogen (Eibisch, Malven, Linde) u. a. häufig. Ein aus verflüssigten Membranen entstandener Gummi quillt aus den Stämmen der Kirschbäume und liegt im Traganth und dem arabischen Gummi vor (vgl. V. Kapitel).

Kern- und Zellteilung. — Ebensowenig wie Zellen anders als durch Teilung bereits vorhandener Zellen entstehen können, sind auch Protoplasma, Kerne und Chromatophoren anders als von Gleichartigem abzuleiten.

Die Vermehrung des Protoplasmas geht ohne bemerkenswerte Änderungen in der Form und Struktur des Zellenleibes vor sich. Die im Protoplasma liegenden Vakuolen vermehren sich dadurch, daß eine oder mehrere Plasmalamellen den ursprünglich einheitlichen Zellsaftraum fächern — oder durch Neubildung, indem ein Zellsafttröpfchen im Protoplasma zur Abscheidung kommt. An der Grenzfläche Protoplasma-Zellsaft entsteht bei Bildung der neuen Vakuole die aus besonders festem und zählebigem Plasma gebildete Vakuolenwand (s. o.).

Die Vermehrung der Chromatophoren läßt sich an den Chloro-

phyllkörnern vieler Pflanzen leicht beobachten: die einzelnen Chlorophyllkörner strecken sich und schnüren sich in der Mitte ein; schließlich zerlegen sie sich in je zwei Tochterchloroplasten.

Höchst umständliche Strukturänderungen begleiten die Vermehrung der Kerne. Wie die Vermehrung der Chromatophoren erfolgt auch die der Kerne niemals anders als durch Teilung der bereits vorhandenen Zellorgane.

Auch der ruhende Kern, d. h. derjenige, an dem sich keinerlei Vorbereitungen zur Teilung abspielen, läßt ein feines Gerüstwerk in seinem Inneren erkennen (Fig. 81). Die Substanz, die dieses aufbaut, wird wegen der Leichtigkeit, mit der sie nach Fixierung (s. o.) Anilinfarben reichlich in sich aufnimmt, Chromatin genannt. Die ersten Anzeichen der bevorstehenden Kernteilung bestehen darin, daß das Chromatinnetz sich kontrahiert und zu ansehnlich großen Massen ballt, die zunächst noch durch faserdünne Fäden miteinander verbunden sind. Diese werden später eingezogen: dann liegt das Chromatin in mehreren getrennten, meist bandförmigen, zackig umrissenen Stücken vor, den Chromosomen. Schon frühzeitig erfahren diese eine Längsteilung (Fig. 82 a). Die Kernwand ist in diesen Stadien noch deutlich erkennbar (Fig. 82a). Nunmehr werden an ihrer Außenseite feine plasmatische Fasern sichtbar, die sich nach und nach derart orientieren, daß durch ihre Häufung an zwei gegenüberliegenden Punkten, den „Polen" des Kerns, eine spindelähnliche Figur zustande kommt. Bei Entstehung der Geschlechtszellen sind die Kernspindeln multipolar, d. h. mit vielen Polen ausgestattet, bei allen andern Zellen meist zweipolig (bipolar).

Fig. 81. Ruhender Kern: Chromatinnetz. oben der Nucleolus. Nach Sharp.

Im weiteren Verlauf des Kernteilungsprozesses schwindet die Kernwand allmählich; wir sehen die Chromosome sich umordnen und in gleichem Abstand von beiden Polen, in der „Äquatorebene" des Kerns, sich sammeln. Die plasmatischen Fasern bilden nun nicht bloß eine doppelkegelförmige Hülle, sondern streichen auch im Innern des Spindelraumes von einem Pol zum andern oder von einem der Pole zu den Chromosomen.

Die längst vorbereitete Spaltung der Chromosome wird nunmehr durchgeführt; die Spalthälften trennen sich voneinander und wandern in der Richtung der Meridiane nach den Polen, an welchen sie sich in strahligen Gruppen sammeln (Fig. 82 b, c). Niemals wandern die beiden Spalthälften eines Chromosoms in der gleichen Richtung ab, vielmehr findet bei der Chromosomenwanderung stets eine höchst gleichmäßige Verteilung der Tochterchromosome auf die beiden Pole statt, an welchen sich hiernach die „Tochterkerne" konstituieren: die Chromosome rücken näher aneinander, treten durch pseudopodien- oder fransenartige Spitzen miteinander in Verbindung (Fig. 82 e) und lassen allmählich die ursprüngliche netzartige Verteilung des Chromatins wieder erstehen (Fig. 82 f), indem die Chromosome sich immer mehr ausbreiten und dabei immer stärker alveolisieren.

Der Nucleolus verschwindet bei Beginn der Kernteilung und wird nach ihrem Abschluß neu gebildet (vgl. Fig. 82). —

Der hier geschilderte Vorgang der Kernteilung wird mit Rücksicht auf die umständliche Verlagerung, welche die Teile des Mutterkerns erfahren, als indirekte Kernteilung, Karyokinese oder Mitose bezeichnet.

Als direkte Kernteilung, Amitose oder Fragmentation ist ihm

ein vereinfachter Modus gegenüberzustellen, bei welchem der Kern ohne die geschilderte Umlagerung und umständliche Halbierung seines Chromatinbestandes in zwei oder mehr Teilstücke zerfällt. Vorgänge dieser Art spielen sich in alternden Zellen ab. Niemals kombinieren sie sich mit Zellenteilung, und niemals kehren Kerne nach amitotischer Teilung zur karyokinetischen zurück. Pseudoamitosen hat man diejenigen Karyokinesen genannt, bei welchen das karyokinetische Kernteilungsbild in der einen oder andern Weise sich vereinfacht und Amitosen vorzutäuschen geeignet wird. —

Hand in Hand mit den letzten Phasen der Karyokinese gehen die Vorgänge der Zellenteilung: durch eine neue Wand wird das Lumen der Mutterzelle gefächert und in zwei Tochterzellen zerlegt — und zwar derart, daß jede Tochterzelle je einen Tochterkern erhält (Fig. 82 e).

Bei den höheren Pflanzen beobachten wir folgendes: Die jugendlichen Tochterkerne sind zunächst durch ein System plasmatischer Fasern miteinander verbunden; ihre Gesamtheit hat man den Phragmoplasten genannt (Fig. 84 a). In seiner Mitte, d. h. in gleichem Abstand von den beiden Kernen entstehen an den Fäden plasmatische Anschwellungen, die miteinander verschmelzen und die Zellplatte bilden. In dieser entsteht die neue Querwand als runde, zunächst noch frei im Plasma

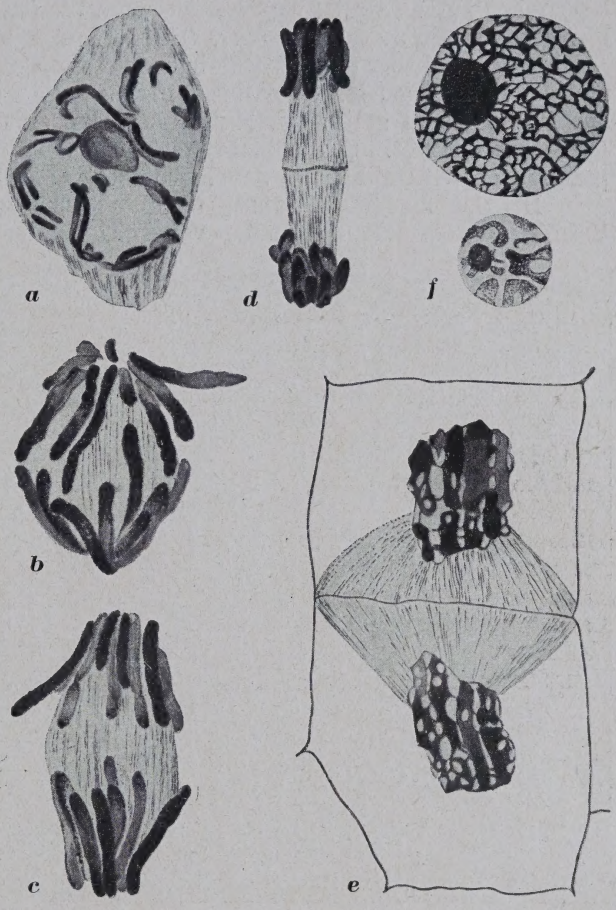


Fig. 82. Karyokinetische Kernteilung: *a* Bipolare Kernspindel, die Chromosome bereiten schon ihre Längsteilung vor; in der Mitte der Nucleolus; *b* die Chromosome wandern polwärts; die achromatischen Spindelfasern sind sichtbar, der Nucleolus ist verschwunden; *c* die Chromosome sind an den Polen angelangt und *d* bereiten die Bildung der Tochterkerne vor; in der Mitte der achromatischen Kernteilungsfigur wird die Zellplatte sichtbar; *e* zwischen den Tochterkernen ist die Querwand gebildet worden; Alveolisierung der Chromosome; *f* einer der beiden Tochterkerne: ein Nucleolus ist wieder sichtbar, die Alveolisierung der Chromosome fortgeschritten, ihre Individualität (vgl. die darunter gestellte kleine schematisierte Figur desselben Kernes) aber noch erkennbar. Nach Sharp.

liegende zarte Zellulosescheibe. Während sie sich mehr und mehr vergrößert, schwinden gleichzeitig die Fasern des Phragmoplasten: zunächst entstehen in dem Fadenkomplex unmittelbar vor den Tochterkernen kraterförmige, faserfreie Räume (Fig. 84 b); später werden die Fasern auch in der Mitte des Phragmoplasten unsichtbar (Fig. 84 c). Außen aber werden immer neue Strahlungen sichtbar und vermitteln das fortgesetzte Wachstum der Zellplatte und der in ihr liegenden Querwand. Fig. 84 c und d zeigen einen weitlumigen, aus Plasmafasern gebildeten Ring, der die noch unfertige scheibenförmige Querwand umfaßt. Schließlich erreicht diese die Wand der Mutterzelle, die plasmatischen Strahlungen verschwinden, die Zellenteilung ist perfekt.

Bei den niederen Pflanzen (Thallophyten) geht die Zellteilung ohne Vermittlung eines Fadensystems vor sich. Die neue Querwand entwickelt sich oft in der Weise, daß zunächst eine der Wand der Mutterzelle anliegende ringförmige Membranleiste sichtbar wird, und diese zentripetal in das Lumen der Zelle vorwächst, bis schließlich der ganze Zellraum durch sie in zwei getrennte Kammern zerlegt wird. Der in Teilung begriffene Zellkern bestimmt den Ort, an welchem die Querwandbildung erfolgt, so daß nach ihrem Abschluß und nach Vollzug der Kernteilung jede Tochterzelle einen Kern bekommt.

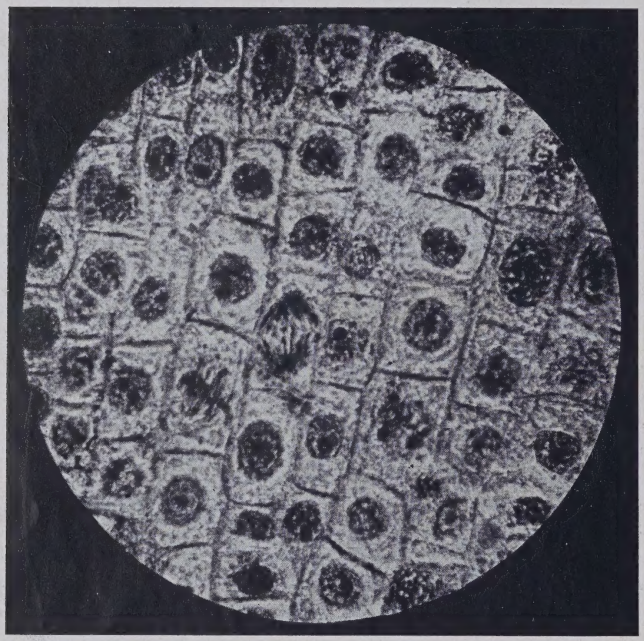


Fig. 83. Karyokinetische Kernteilung. Zellgruppe aus dem Längsschnitt durch eine Wurzelspitze (vgl. Fig. 67).

Alle während der Kern- und Zellteilung auftretenden plasmatischen Strahlungen sind im Gegensatz zu den Chromatinbestandteilen des Kerns und der Kernteilungsfigur nicht stark färbbar und werden daher als achromatische Elemente der Kernteilungsfigur von den chromatischen oder stark tingierbaren unterschieden. An lebenden ungefärbten Zellen ist nur ein Teil der soeben beschriebenen Strukturen zu erkennen; deutlich wahrnehmbar sind auch ohne vorangegangene Präparation der Nucleolus und an manchen Objekten die Chromosome, niemals die achromatischen Fasern; bestenfalls sind noch die Umrisse des doppelt kegelförmigen Raumes wahrzunehmen, der sich in fixierten und gefärbten Präparaten von Spindelfasern umhüllt und erfüllt zeigt. Die Schwierigkeiten, die der richtigen Deutung des am künstlich gefärbten Präparat Gesehenen entgegenstehen, sind daher groß.

Die Zahl der Chromosome ist für eine Spezies im großen und ganzen konstant. Die meisten Gymnospermen haben 24 Chromosome, Hyazinthe und Küchenzwiebel 16, viele andere Vertreter der Liliazeen 24. Beispiele dafür, daß Arten der nämlichen Gattung verschiedene Chromosomenzahlen aufweisen, liefern z. B. *Drosera*, *Crepis* u. a.: *Drosera rotundifolia* hat 20, *Dr. longifolia* 40, *Crepis virens* 6, *Cr. tectorum* 8 Chromosome usw.

Jede Tochterzelle erbt ebensoviele Chromosome, als der Mutterkern vor der Teilung hatte; die regelmäßig sich vollziehende Spaltung der Chromosome verbürgt die gleichmäßige Versorgung der Tochterkerne mit Chromatin. Daß sich bei jeder Kernteilung aus dem chromatischen Reticulum (Fig. 81) die Chromosome immer wieder in gleicher Zahl konstituieren, wird dadurch verständlich, daß nach Abschluß der Karyokinese sich die

Fig. 84. Phragmoplast. Zellplatte. Querwandbildung. *a* und *b* entsprechen ungefähr dem in Fig 82 *d* dargestellten Stadium; *c*, *d* und *e* sind zwischen Fig. 82 *d* und 82 *e* eingeschaltet zu denken. Nach Cl. Müller.

Chromosome miteinander verbinden, ohne dabei ihre Individualität zu verlieren. Sie persistieren vielmehr oft sehr viel deutlicher als in dem oben dargestellten Falle (Fig. 82f) in Gestalt distinkter Chromatinmassen oder Prochromosome (Fig. 85) von einer Teilung bis zur nächsten.

Die Geschwindigkeit der Zellenteilung ist im allgemeinen um so größer, je kleiner die Zellen sind. Bei manchen Bakterien beansprucht — optimale Wachstumsbedingungen vorausgesetzt — eine Zellenteilung nur 10—20 Minuten. Große Zellen beanspruchen zu demselben Akt Stunden und Tage.

Namentlich bei einzelligen Lebewesen, deren mikroskopische Beobachtung keine technischen Schwierigkeiten bereitet, ist die zeitliche Dauer einer Zellengeneration leicht festzustellen.

Cholera-Vibrio	20	Minuten
Weinhefe	2	Stunden
Nitzschia (Diatomee)	12	„
Paramaecium (Protozoon)	24	„

Es gibt keine tierischen Organismen, welche so schnell von einer Zellenteilung zur nächsten fortschreiten, wie Bakterien und Hefen. Auch *Chlamydophrys tercorea*, ein besonders schnell sich vermehrendes Protozoon, bleibt hinter ihnen weit zurück.

Der Vollzug einer Karyokinese selbst beansprucht kürzere Zeit als die hier angegebene Zellgenerationsdauer der Organismen, da sich zwischen je zwei Mitosen eine mehr oder minder lange Periode des Zellenwachstums einschiebt. Bleibt das Wachstum aus, wie z. B. beim Furchungsprozeß, so können in wenigen Stunden viele Kern- und Zellteilungen sehr geschwind einander folgen (Echinidenlarven). Auch bei Pflanzenzellen tritt unter bestimmten Umständen „Furchung", d. h. Teilung ohne Wachstum ein; über das Tempo solcher Zellteilungen ist noch nichts bekannt. Zeitangaben über den Ablauf des Teilungsvorganges selbst liegen z. B. für Amöben vor, deren Teilungen in drei (*Amoeba cristalligera*) bis zehn Minuten perfekt werden können, oder für die großen Zellen der *Tradescantia*haare (s. o. Fig. 71 b), deren Karyokinesen ungefähr $1^1/_2$ Stunden beanspruchen. —

Fig. 85. Prochromosome: Zellkern aus einem Leitbündel von *Nuphar luteum*; rechts unten der Kern. Nach Rosenberg.

Zell- und Kernverschmelzung; Befruchtung. — Während Kernteilungen überall in wachsenden Pflanzenorganen ständig in unübersehbarer Reichlichkeit vor sich gehen, bleiben Zellverschmelzungen und Kernfusionen auf bestimmte Zellen- und Gewebeformen beschränkt.

Zellverschmelzungen, die durch Lösung mehr oder minder ausgedehnter Membrananteile eingeleitet werden, führen — falls nicht ihr Inhalt frühzeitig abstirbt, wie es später für die „Gefäße" zu schildern sein wird — entweder zur Bildung vielkerniger Protoplasmamassen — oder die Kerne der fusionierenden Protoplasten vereinigen sich miteinander.

Kernverschmelzungen spielen sich in der normalen Ontogenese der Pflanzen fast nur bei Vorgängen sexuellen Charakters ab, bei der Befruchtung.

Jegliche Sexualität der Tiere und Pflanzen findet ihren sichtbaren Ausdruck in einer zellenmorphologischen Veränderung: entweder es verschmelzen bei der Befruchtung zwei Zellen miteinander, oder es nimmt wenigstens eine Zelle einen zweiten Kern in sich auf. Die miteinander verschmelzenden Zellen oder Kerne heißen Sexualzellen (Gameten) bzw. Sexualkerne. Sind die beiden Sexualzellen einander gleich — dieser Fall ist bei den niederen Gewächsen häufig — so spricht man von isogamer Befruchtung oder Isogamie; sind sie morphologisch ungleich, d. h. durch Größe oder Form unterschieden, so daß von einer geschlechtlichen Differenzierung und von männlicher und weiblicher Sexualzelle, von einer Ei- und einer spermaähnlichen Zelle gesprochen werden kann, so liegt oogame Befruchtung (Oogamie) vor. Bei den höheren Pflanzen wird nur oogame Befruchtung gefunden.

Die zur sexuellen Fusion bestimmten Zellen sind entweder von vornherein nackt und unterscheiden sich durch das Fehlen der Membran sehr wesentlich von typischen Pflanzenzellen — oder sie entledigen sich in irgendeiner Weise vor dem Fusionsprozeß ihrer Zellulosehülle ganz oder streckenweise, so daß die Protoplasmamassen zusammenfließen und eine einheitliche Masse bilden können. Auch die Kerne der beiden Gameten fließen

zusammen. Die Chromatophoren hingegen erweisen sich als fusionsunfähig: sie gehen in dem Verschmelzungsprodukt zugrunde oder behalten in ihm ihre Individualität.

Besonderes Interesse beansprucht das Schicksal der Zellkerne.

Jeder der beiden Sexualkerne bringt die gleiche Zahl von Chromosomen in das Fusionsprodukt. Der durch Fusion entstandene doppelwertige Kern der befruchteten Eizelle hat demnach die doppelte Chromosomenzahl. Wenn er bei späterer Teilung nach dem vorhin geschilderten Schema sich teilt und die verdoppelte Chromosomenzahl auf beide Tochterkerne vererbt, und wenn bei den nachfolgenden Zellteilungen sich das Gleiche wiederholt, so müßte nach zwei, drei und vier Generationen es zu einer Vermehrung der Chromosomenzahl auf das 4-, 8- und 16fache kommen, wenn nicht in irgendeiner Weise eine Reduktion einträte.

In der Tat erfolgt eine solche Reduktion bei allen tierischen wie pflanzlichen Organismen, die zu sexueller Betätigung befähigt sind. Sie wird dadurch erreicht, daß die Spaltung der Chromosome bei einem Teilungsschritt, der Reduktionsteilung, unterbleibt; die Chromosome zeigen sich bei dieser in der Äquatorebene der Spindelfigur paarweise, zu sog. Gemini, locker vereinigt; später löst sich diese Verbindung, und die Gemini lassen je ein ungespaltenes Chromosom nach den beiden Polen wandern. Hatten beispielsweise die Zellkerne vor der Reduktionsteilung 24 Chromosome, so entstehen bei der Reduktionsteilung 12 Gemini und hiernach zwei Tochterkerne mit je 12 Chromosomen; die späteren Teilungen folgen wieder demjenigen Teilungstyp, bei dem jedes Chromosom gespalten und seine Substanz gleichmäßig auf die beiden Tochterkerne verteilt wird (Äquationsteilung, Fig. 82), so daß der Chromosomenbestand aller weiteren Kerngenerationen bei der Zwölfzahl bleibt, bis wiederum Gameten gebildet werden, und Befruchtung sich vollzieht, und die Chromosomenzahl wieder verdoppelt wird.

Nach dem Gesagten ist klar, daß im Leben der Organismen zwei Phasen miteinander wechseln müssen: die eine wird gekennzeichnet durch Zellen mit voller (doppelter) Chromosomenzahl (2 n) — die andere besteht aus Zellen mit halber (bezw. einfacher) Chromosomenzahl (n). Jene ist die diploide, diese die haploide „Generation" oder Phase: die diploide reicht von der Befruchtung bis zur Reduktion, die haploide von der Reduktion bis zur nächsten Befruchtung. Jede Zelle macht es durch ihren Chromosomenbestand erkennbar, ob sie zu der haploiden oder diploiden Generation oder Phase gehört. —

In allen wesentlichen Punkten verlaufen Äquations- und Reduktionsteilung im Tier- und Pflanzenreich nach demselben Schema. Ein wichtiger Unterschied zwischen diesem und jenem liegt darin, daß der Pflanzenzelle das **Zentrosom** im allgemeinen abgeht. Als Zentrosom bezeichnet man ein in der Nähe des Kerns liegendes, rundliches Zellorgan, um welches sich plasmatische Strahlen entwickeln (Attraktionssphäre, Zentrosphäre). Zwischen Zentrosom und Kernteilung bestehen unverkennbare Beziehungen, die viele Autoren veranlaßt haben, jenes als ein für Zellenleben und Zellenvermehrung besonders wichtiges Organ anzusprechen. Im Pflanzenreich sind Zentrosome bisher nur bei Algen, Pilzen und Moosen gefunden worden; alle höheren Gewächse kommen bei ihren Zellteilungen ohne Zentrosom aus. —

Zellen besonderer Art, d. h. solche, die sich durch ihre Größe oder die Art ihres Inhalts oder durch ungewöhnlichen Teilungsmodus von der

typischen Pflanzenzelle, die den bisherigen Schilderungen zugrunde lag, unterscheiden, sind im Pflanzenreiche nichts Seltenes.

1. Ungewöhnlich große Zellen, welche die mikroskopischen Dimensionen typischer Pflanzenzellen weit hinter sich lassen, deren Umfang mit dem Zollstock zu messen ist, und deren Gewicht viele Gramm beträgt, sind namentlich unter den als Siphoneen (Schlauchalgen) bezeichneten Organismen zu finden. Die *Botrydium*-Pflänzchen (Fig. 6) werden mehrere Millimeter groß, die Zellen der *Valonia* gleichen großen, transparenten Weinbeeren, andere Siphoneen bestehen aus langen, reich verzweigten, einzelligen Schläuchen. Der meterlange Thallus der *Caulerpa* vollends (Fig. 14) läßt blätter- und wurzelähnliche Teile erkennen und erreicht doch seine komplizierte Gliederung mit einer Zelle.

Bei den höheren Pflanzen werden Zellen von so gewaltigem Umfange nicht gefunden, während im Tierreich gerade bei Vertretern einer der höchsten Tiergruppen — in den Vogeleiern — die größten Zellen uns begegnen; es gibt im Pflanzenreich keine so voluminöse Zellen, wie es das Straußenei oder vollends das sechsmal größere Ei der fossilen madagassischen *Aepyornis* ist. Bei den Säugern sind manche Neuronen, namentlich des Plexus sacralis, samt ihren meterlangen Ausläufern die längsten Zellen; sie lassen sich hinsichtlich ihrer Dimensionen allenfalls mit den Milchröhren vieler höherer Pflanzen und manchen Bastfasern vergleichen (s. Gewebelehre).

2. Nackte Zellen, d. h. solche, welchen das wichtigste Kennzeichen der vegetabilischen Zelle, die Membran, abgeht, sind bei den niederen Gruppen des Pflanzenreichs weit verbreitet. Nackt sind die Zellen oder Zellenmassen der Schleimpilze (Fig. 1) und die Flagellaten; beide Gruppen werden freilich mit gleich gutem Recht wie zu den Pflanzen auch neben die einfachsten Vertreter des Tierreichs gestellt werden dürfen. Ist die äußerste Protoplasmaschicht einer nackten Zelle durch besondere Festigkeit ausgezeichnet, so nennt man sie den Periplasten der Zelle.

Bei Algen und Pilzen ist der Fall häufig, daß Organismen, deren Zellen mit typischen Membranen ausgestattet sind, nackte Fortpflanzungszellen entwickeln: der Inhalt einer umhäuteten Zelle löst sich durch Kontraktion von der Membran ab und schlüpft nach ihrer Zerstörung aus dem Zellulosebehälter heraus — oder wir sehen, daß der Inhalt einer umhäuteten Zelle sich in viele Portionen zerlegt, und diese als selbständige nackte Zellen entleert werden. Beide Vorgänge spielen bei der Bildung von Fortpflanzungszellen ihre Rolle, über die bei Behandlung der Vermehrung und Sexualität der Pflanzen im III. Kapitel näher zu berichten sein wird.

Auch bei den höheren Pflanzen sind die Geschlechtszellen, d. h. die zur Fusion bestimmten männlichen und weiblichen Zellen nackt.

3. Geißeltragende Zellen, d. h. solche, die mit zarten, zu schwingender Bewegung befähigten Protoplasmafäden ausgestattet sind, stehen bei den Tieren im Dienst der Ortsbewegung der Organismen (Ziliaten, geißeltragende Metazoënlarven) oder bewirken durch ihre Tätigkeit die Fortleitung irgendwelcher Sekrete, aufgefallener Fremdkörperchen u. a. (Flimmerepithel). Geißeltragende nackte Pflanzenzellen begegnen uns bei den tierartig beweglichen Flagellaten u. a. und bei schwärmenden Fortpflanzungszellen (Schwärmsporen, Spermatozoën). Während flimmernde Zellen noch bei den höchsten Tierklassen auftreten, bleiben sie im Pflanzenreich auf die Kryptogamen und einige Gruppen der Gymnospermen beschränkt. Bemerkenswerterweise sind Geißeln nicht nur bei nackten Pflanzenzellen

(s. o.), sondern auch bei umhäuteten zu finden (Bakterien, [Fig. 2] Chlamydomonaden): ihre Membranen haben feine Poren, aus welchen das Protoplasma in fadenförmigen Effigurationen hervordringt.

Die Leistungen der Geißeln beweisen, daß sie in allen Fällen aus Protoplasma von besonders hoher Kohäsion bestehen.

4. Plakophyten heißen diejenigen niederen einzelligen Pflanzen, deren Membran nicht ein allseits in sich geschlossenes, lückenloses Gebilde darstellt, sondern aus mehreren Stücken besteht, die mit den Rändern so fest verfalzt sind, daß sie in ihrer Gesamtheit eine feste Hülle der Zelle abgeben. Zu den Plakophyten gehören die Kieselalgen, die Desmidiazeen und Peridineen (s. o. Fig. 4 und 5). Die Membranen der Kieselalgen sind weiterhin dadurch ausgezeichnet, daß sie durch Poren unterbrochen sind, durch welche das Protoplasma aus dem Zellenlumen herausgelangen und wieder in dieses zurückfließen kann.

5. Polynukleäre oder vielkernige Zellen, d. h. solche, welche mehr als einen Kern enthalten, sind im Pflanzenreich nicht selten. Sie entstehen aus einkernigen Zellen dadurch, daß ein Kern sich teilt, ohne daß der Kernteilung Zellteilung folgt — oder dadurch, daß mehrere von jenen fusionieren, ohne ihre Kerne zu vereinigen (s. o.). Wie im Zellenstaat der höheren Tiere mehrkernige (Leber, Belagzellen des Magens) und polynukleäre, mit 10—20 Kernen ausgestattete Zellen (Knochenmark) auftreten, so fehlt es auch im Körper der höheren Pflanzen nicht an vielkernigen Gebilden: am kernreichsten sind die Milchröhren, die mit vielen hundert Kernen versehen sein können.

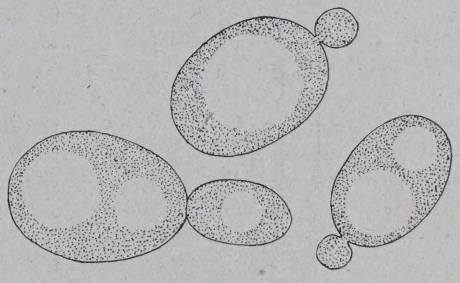


Fig. 86. Sprossende Zellen: Bierhefe.

Namentlich die großen, reich gegliederten Vegetationskörper der Siphoneen (vgl. Fig. 14), deren Plasmaleib nirgends durch eine Querwand gefächert wird, legen Zweifel nahe, ob man den Eigentümlichkeiten so umfangreicher Plasmamassen angemessen Rechnung trägt, wenn man sie als einzellige Lebewesen bezeichnet; ihr lebendiger, mit vielen tausend Kernen ausgestatteter Plasmakörper stimmt mit den typischen Zellen oder den aus solchen aufgebauten Geweben ebenso wenig überein, wie nach Auffassung mancher Anatomen viele Gewebe des ausgewachsenen Metazoënkörpers, deren Einteilung in Zellen oft gewaltsam anmuten muß, und die vielleicht besser als einheitliche kernreiche Plasmamassen aufgefaßt werden („Synzytien" Rohde).

6. Von den atypischen Teilungsmodis, die an den Pflanzenzellen beobachtet werden, ist der verbreitetste der Vorgang der Sprossung.

Als sprossende Zellen werden diejenigen bezeichnet, welche bei der Teilung nicht durch eine Querwand halbiert werden, sondern an einer oder mehreren eng umgrenzten Stellen Auswüchse treiben, in welche nach Abschluß der Mitose je ein Tochterkern einwandert; die knospenartigen Auswüchse werden hiernach durch eine Querwand von der Mutterzelle abgetrennt und wachsen zu ihrer endgültigen Größe heran (Fig. 86). Die Vorgänge der Sprossung geben ein wesentliches Kennzeichen der Sproßpilze oder Hefen ab, treten aber auch bei vielen andern Pilzen auf.

B. Gewebelehre (Histiologie).

Wenn sich die bei Teilung einer Zelle entstehenden Einheiten nicht voneinander ablösen, sondern miteinander verbunden bleiben — und auch die bei den nachfolgenden Teilungen entstehenden Tochter- und Enkelzellen aneinander haften bleiben, so entstehen vielzellige Aggregate von bescheidenem oder beträchtlichem Umfang, deren Form von der Richtung der vorangegangenen Teilungen abhängig ist: gingen diese durchweg in derselben Richtung vor sich, so entstehen regelmäßige Zellenketten — so bei vielen Bakterien (Fig. 2), Diatomeen, Peridineen (Fig. 87) u. a. Erfolgen die Teilungen regelmäßig wechselnd in zwei zueinander senkrecht stehenden Richtungen, so entstehen tafelähnliche Zellverbände (Bakterien, Fig. 2: *Pediococcus*); erfolgen sie abwechselnd in den drei Richtungen des Raums, so entstehen kubusähnliche Zellenpaketchen (Bakterien: *Sarcina ventriculi*); die unregelmäßig sprossenden Hefezellen dagegen (Fig. 86) liefern Sproßverbände mannigfaltigster Form.

Fig. 87. Kettenförmiger Zellenverband einer Peridinee. Nach Kofoid.

Gewebe nennt man die aus einer sehr großen Zahl von Zellen zusammengefügten Komplexe, deren Zusammenhang dauernd und notwendig ist. Während bei den Zellverbänden der vorhin genannten Art (Algen und Pilze) eine fakultative Verbindung vorlag, und die Zellen im Zusammenhang nicht anders lebten und sich ernährten, als sie nach spontaner oder gewaltsamer Auflösung des Verbandes in seine einzelnen Komponenten sich ernährt hätten, ist bei den Geweben der Verband der Zellen obligat.

Nach der **Form der Zellen** unterscheiden wir zwei Hauptsorten von Gewebe — Parenchym und Prosenchym.

Parenchym besteht aus rundlichen oder polyedrischen, zylindrischen oder prismatischen Zellen, die isodiametrisch sind, d. h. nach allen Richtungen des Raumes ungefähr den gleichen Durchmesser haben oder doch nur wenige Male länger als breiter sind (Fig. 88). Prosenchym besteht aus sehr langgestreckten, faserähnlichen Elementen, deren Länge das Vielfache ihrer Breite mißt (Fig 89).

Die **Textur der Gewebe** zeigt wichtige Unterschiede. Sie ist entweder lückenlos oder weist zwischen den einzelnen Zellen größere oder kleinere Räume — Interzellularräume — auf. Solche entstehen dadurch, daß an den Stellen, wo drei oder mehrere Zellen aneinanderstoßen, die Membranen sich aufspalten, und die Zellen sich abrunden und dabei große oder kleine Räume zwischen einander entstehen lassen (Fig. 88). Die Interzellularräume sind fast stets mit Luft gefüllt.

Viele Gewebe und Organe sind durch besonders reichliche Entwicklung ihrer Interzellularräume gekennzeichnet; bei Wasser- und Sumpfpflanzen ist das Vorhandensein großer Interzellularräume die Regel. Weiße Blumenkronen, weiße Beeren (*Symphoricarpus* usw.) bestehen aus weitmaschigem Parenchym, dessen Interzellularräume mit Luft gefüllt sind und durch totale Reflektion des Lichtes das schneeige Aussehen der Organe bewirken. Interzellularräume großen Umfangs finden wir in den hohlen Grashalmen, in den Röhrenblättern der Zwiebel, in den gekammerten Rhizomen des Wasserschierlings (*Cicuta virosa*) usw. Die Interzellularen eines Organs bilden entweder ein zusammenhängendes System lufterfüllter Räume oder sind gegeneinander durch lückenlos verbundene Zellenverbände abgesetzt.

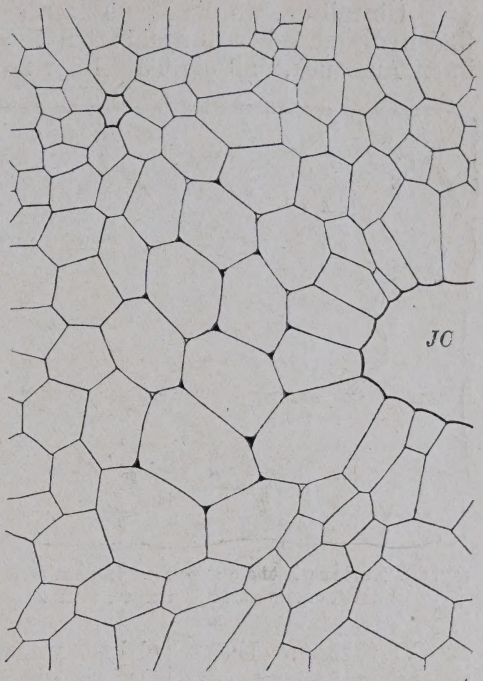


Fig. 88. Parenchym. Bei *J C* großer Interzellularraum; die in der Mitte des Präparates liegenden kleinen Interzellularräume erscheinen infolge ihres Luftgehaltes unter dem Mikroskop schwarz.

Weitere Unterschiede in der Textur der Gewebe bringt die Anordnung der Zellen. Entweder wir sehen diese regellos aufeinander geschichtet oder zu Platten miteinander verbunden. Die Zellen, welche Platten aufbauen, gleichen in der Flächenansicht gradlinig umgrenzten, polygonalen Mosaikstücken (Fig. 90) oder greifen mit abwechslungsvoll geschwungenen Konturen ineinander („undulierte" Zellenformen, Fig. 91). Liegen mehrere aus gestreckten Zellen gebildete Platten übereinander, so kann die Richtung, in der die Zellen benachbarter Schichten gestreckt sind, gesetzmäßig wechseln, und eine an Kette und Einschlag erinnernde Textur zustandekommen (Quer- und Längszellen des Getreidekorns, bei Zwiebeln u. a., vgl. Fig. 92).

Die faserähnlichen Prosenchymzellen (Fig. 89) schließlich sind derart miteinander verbunden, daß ihre spitzen Enden sich miteinander verzahnen. Liegen langgestreckte, faserartige Zellen nebeneinander, so entstehen leicht spaltbare Gewebemassen (Holz, Rinde). —

Die Membranen, welche die Zellen umgeben, trennen zwar benachbarte Protoplasten voneinander, jedoch nicht in dem Sinne, daß gegenseitige Beeinflussung der Zellen ausgeschlossen würde. Vielmehr bestehen zwischen benachbarten Zellen **korrelative Beziehungen** verschiedener Art.

Fig. 89. Prosenchym: Bündel dickwandiger Fasern.

Überall da, wo die Membranen sich verdicken und Tüpfel aufweisen, finden die zwischen benachbarten Zellen bestehenden Beziehungen darin ihren Ausdruck, daß die Tüpfel der zwischen zwei Zellen liegenden Wandfläche aufeinanderstoßen oder miteinander „korrespondieren" (Fig. 93): in beiden Zellen unterbleibt das Membrandickenwachstum an denselben Stellen. Das dünn gebliebene Membranstück, das in jedem Tüpfel liegt, heißt die Schließhaut.

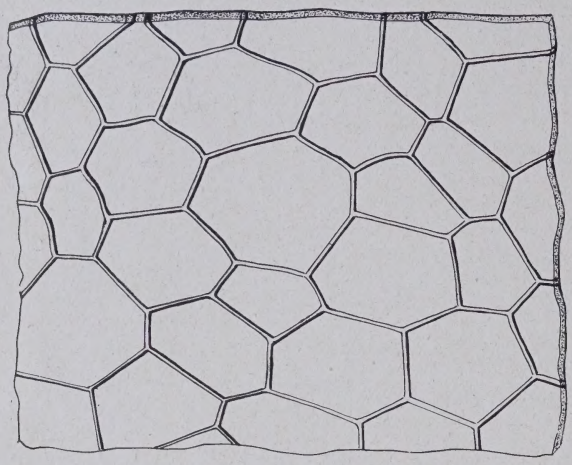


Fig. 90. Zellenplatte aus polyedrischen, lückenlos verbundenen, geradlinig umgrenzten Zellen.

Auch andere Wachstumsprozesse der Membran spielen sich in benachbarten Zellen symmetrisch ab und bekunden dadurch die regulatorische Wirkung der Zellen aufeinander.

Für diese stehen den Protoplasten besondere Wege in den Plasmodesmen zur Verfügung. Unter solchen versteht man zarte Protoplasmabrücken, welche in äußerst feinen Poren die Membranen und insbesondere deren dünnste Stellen, die Schließhäute der Tüpfel, durchsetzen, benachbarte Protoplasten in lebendige Kontinuität bringen und die Vielheit der Zellen, die ein Organ aufbauen, wieder physiologisch zu einer Einheit werden lassen. Die Plasmodesmen sind erst nach Vorbehandlung der Zellen mit quellenden und färbenden Mitteln deutlich erkennbar. Sie sind den Plasmabrücken tierischer Zellen vergleichbar.

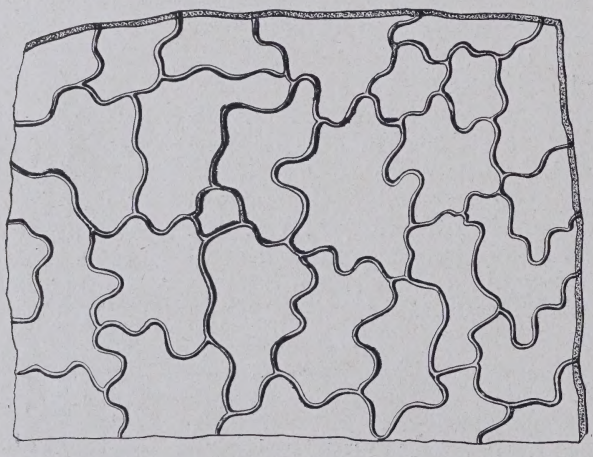


Fig. 91. Zellenplatte aus Zellen mit unduliertem Umriß.

Von Zellfusionen spricht man dann, wenn benachbarte Zellen die sie trennenden Teile der Membran lösen, und ihre Lumina sich zu einem vereinigen. Aus vielgliedrigen Zellreihen werden durch Fusion lange Röhren, von welchen weiter unten namentlich bei Behandlung der sog. Gefäße zu sprechen sein wird. —

Eine bei niederen Pflanzen verbreitete **atypische Art der Gewebebildung** liegt vor, wenn Zellengruppen nicht durch Vermehrung einer Zelle, sondern durch Vereinigung ursprünglich getrennter Einheiten zu-

standekommen. Vereinigung nackter, frei beweglicher Einheiten zu größeren Verbänden begegnet uns bei den Schleimpilzen (Fig. 1).

Bei dem Pseudoparenchym handelt es sich um Gewebemassen, die durch Zusammenfügung umhäuteter, zu fädigen Reihen verbundener Zellindividuen entstehen (Pilze, auch Algen) und so fest in ihrem Verbande werden können, daß ihre Entstehung aus selbständigen Fäden nicht ohne weiteres zu erkennen ist (Fig. 94, 95).

Flüssige Gewebe fehlen dem Pflanzenkörper; der aus den Wunden vieler Pflanzen träufelnde Milchsaft (s. u.) ist nicht ein solches, sondern der flüssige Inhalt eigenartiger Zellen (Milchröhren). —

Differenzierung der Gewebe. — Die Vegetationspunkte bestehen aus homogenem Gewebe, d. h. ihre Zellen sind gleichartig. Je weiter wir uns vom Vegetationspunkt entfernen, desto deutlicher sehen wir die Gewebe sich differenzieren, d. h. ihre verschiedenen Schichten ungleichartig sich entwickeln. Gewebe, das sein Wachstum abgeschlossen und seine endgültigen Qualitäten angenommen hat, heißt Dauergewebe; seine Zellen erfahren keine Teilungen mehr — es sei denn, daß durch Eingriffe oder Einwirkungen besonderer Art eine neue Periode des Wachstums in ihm angeregt würde.

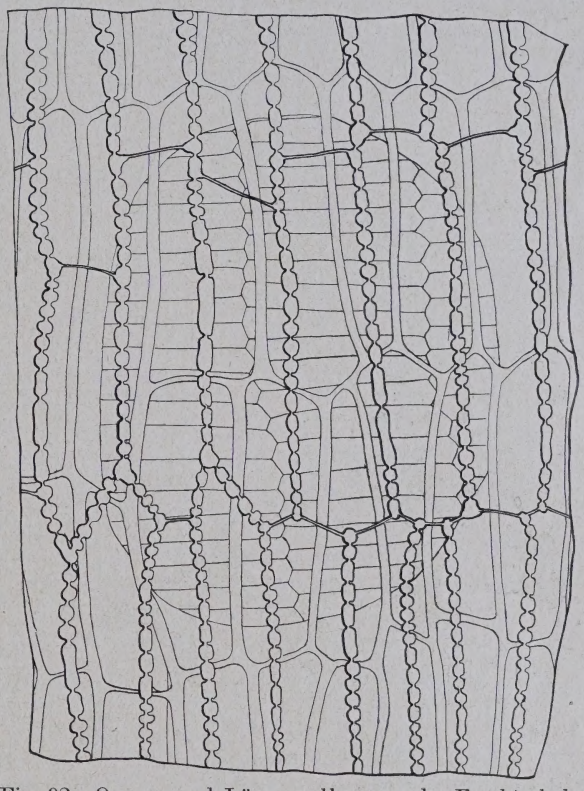


Fig. 92. Quer- und Längszellen von der Fruchtschale des Weizens. Auf zwei Zellenplatten, die aus längsgestreckten Elementen bestehen (Längszellen), folgt eine Lage, deren (erheblich schmalere) Zellen quergestreckt sind (Querzellen). Die Querzellenlage ist nur in der Mitte des Präparates eingetragen.

Die alten Teile eines Sprosses oder einer Wurzel bauen sich aus Dauergewebe auf; ihre Zellen erfahren keine Teilungen mehr. An den Vegetationspunkten dagegen findet fortwährend Zellenneuproduktion statt: die bereits vorhandenen Organe vergrößern sich, neue werden angelegt (Fig. 18). Neubildung von Gewebe erfolgt ferner jahraus jahrein an denjenigen Stämmen und Wurzeln, die zu sekundärem Dickenwachstum befähigt sind: schlanke Triebe werden durch dieses zu mächtigen Ästen, dünne Wurzeln zu kräftigen Strängen.

Diejenigen Gewebe, welche sich entwicklungsgeschichtlich von den Vegetationspunkten der Sproß- und Wurzelspitzen herleiten — Epidermis, Leitbündel und Grundgewebe — heißen primäre — die beim nachträglichen Dickenwachstum entstehenden heißen sekundäre Gewebe.

1. Epidermis.

Die Epidermis umkleidet alle ober- und unterirdischen Organe der Pflanzen als eine meist einschichtige Gewebeplatte.

Ihre wichtigsten Merkmale sind folgende:

a) Die Zellen der Epidermis liegen in lückenlosem Verbande nebeneinander — bald geradlinig umgrenzt, bald in undulierten Formen (Fig. 90 und 91). Die Textur der Epidermis und ihre oberflächliche Lage machen sie dem Epithel des tierischen Körpers vergleichbar.

b) Auch die Epidermen grüner Organe (Blätter) sind fast stets frei von grünem Farbstoff (Chlorophyll) oder enthalten diesen nur in geringen Mengen (Fig. 105).

c) Die Außenwände der Epidermis oberirdischer Organe sind gewöhnlich dicker als die Innenwände; überdies ist in ihren äußeren Schichten ein fettähnlicher Stoff (Kutin) eingelagert; ihre Außenfläche bildet ein zusammenhängendes Häutchen aus einer ähnlichen, chemisch sehr widerstandsfähigen Substanz, die Kutikula. Durch Kutin und Kutikula wird die Außenwand der Epidermiszellen für Wasser schwer durchlässig.

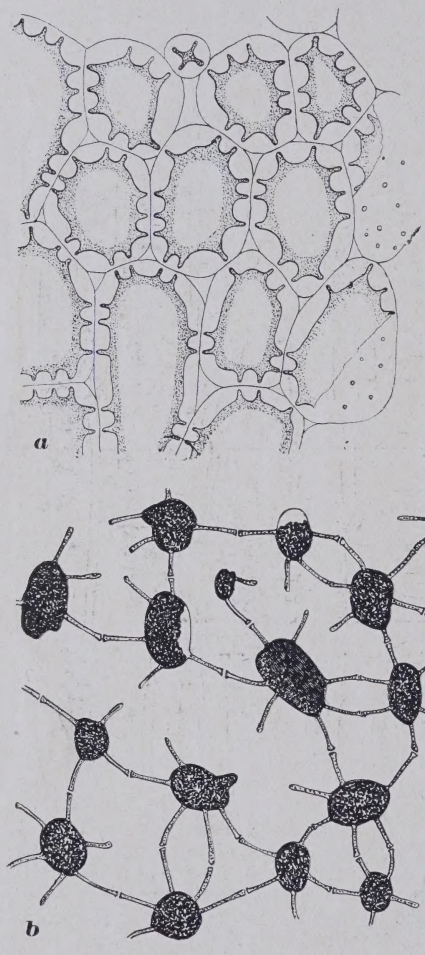


Fig. 93. Korrespondenz der Tüpfel: a Querschnitt durch den Samen von *Tropaeolum*; b Querschnitt durch den Samen von *Phytelephas* („Vegetabilisches Elfenbein"); die Lumina sind mit dunklen Plasmaresten usw. gefüllt, die Zellgrenzen nicht erkennbar.

d) Eine größere oder geringere Zahl der Epidermiszellen erfährt oft ein besonderes Entwicklungsschicksal und wird zu Schließzellen oder zu Haaren.

Schließzellen sind stets paarweise auftretende, schwach halbmondförmig gebogene Zellen, zwischen welchen die Kontinuität des Epidermisgewebes unterbrochen ist, und ein feiner Spalt klafft (Spaltöffnungen, Fig. 96. 98). Je nach dem Wasserreichtum der Schließzellen legen sich diese so fest aneinander, daß der Spalt sich schließt, oder krümmen sich derart, daß der Spalt sich öffnet. Spaltöffnungen finden sich besonders reichlich auf der Unterseite der Blätter; durch sie erfolgt der Gasaustausch zwischen dem lufterfüllten Interzellularraumsystem der Pflanzenorgane und der Außenwelt. Unmittel-

bar unter den Schließzellen liegt meist ein ansehnlich großer Interzellularraum, die Atemhöhle. Die Schließzellen enthalten im Gegensatz zu den andern Epidermiszellen Chlorophyll. Spaltöffnungen, welche tropfbar flüssiges Wasser aus dem Interzellularraumsystem eines Pflanzenorgans treten lassen, werden als Hydathoden bezeichnet.

Haare (Trichome) werden im Sprachgebrauch der Botanik alle Auswüchse der Epidermis genannt — gleichviel welche Größe sie erreichen, und welche Form (faden-, kugel-, blattartige usw.) sie annehmen mögen. Sie bestehen aus einer oder vielen Zellen, sind verzweigt oder unverzweigt, vereinzelt oder zu dichten Beständen vereinigt. Hinfällig nennen wir diejenigen Haare, die nur an jungen Pflanzenorganen gefunden werden, später abbrechen und eine kleine Narbe hinterlassen (Teeblätter, Platane, Oberseite der „*Folia farfarae*"). Entwicklungsgeschichte, Form und Histologie unterscheiden sie durchaus von den sehr viel komplizierter gebauten, zellenreichen Haaren der Tiere.

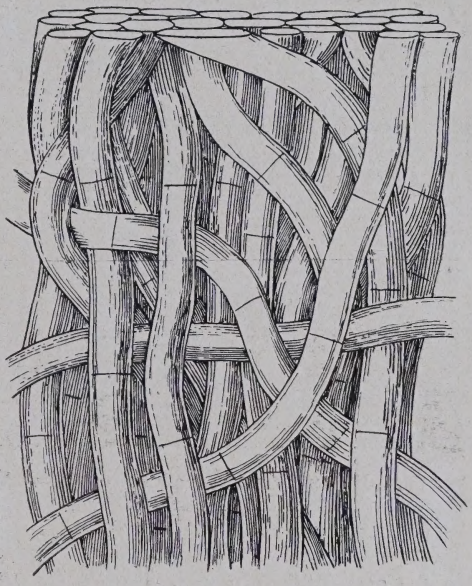


Fig. 94. Pseudoparenchym: Lockere Verflechtung zahlreicher Fäden aus dem Fruchtkörper eines Pilzes. Auf dem oben sichtbaren Querschnitt ist ein parenchymähnliches Zellennetz (vgl. Fig. 88) zu erkennen.

Wurzelhaare — lange, einzellige, glasklare Schläuche, die zwischen den Bodenteilchen vorwärts wachsen und aus dem Erdreich Wasser aufnehmen (Fig. 97). Andere Haarformen kommen an unterirdischen Organen nicht vor.

Wollhaare — ein- oder mehrzellige fadenförmige Haare, die vielen Pflanzenteilen sammetartiges Aussehen geben (vgl. Fig. 98) wie den Blättern von *Digitalis*, deren Haare einen beträchtlichen Teil der wirksamen Stoffe enthalten. Vielzellige ophiurenähnliche „Sternhaare", wie sie bei den Malvazeen („*Folia althaeae*" u. a.) weit verbreitet sind, zeigt Figur 99. Tote Haare sind oft mit Luft gefüllt und erscheinen daher weiß.

Brennhaare kennzeichnen die einheimischen Nesseln (*Urtica dioica* und *U. urens*): sie erheben sich als einzellige, nadelartige Gebilde auf einem Sockel von Zellen und sind an ihrem Ende köpfchenförmig erweitert (Fig. 100). Schon bei sanfter Berührung bricht die gerundete Spitze des Haares ab, da die Membran des Brennhaares durch Kieselsäureeinlagerung sehr spröde geworden ist, und die scharfkantig aufgebrochene Spitze des Haares dringt in die Haut des Berührenden ein; in sie ergießt sich der giftige Inhalt der Haarzelle.

Nicht nur durch den Inhalt der *Urtica*haare, sondern auch durch die Einwirkung giftiger Pflanzenhaare anderer Art (Haare des Giftsumachs, *Rhus toxicodendron*) wird durch lokale seröse Ausscheidungen die Bildung

von „Quaddeln“ bewirkt (Nesselsucht, Urticaria); äußerlich ähnliche Phänomene werden nach Vergiftung durch tierische Haare (Prozessionsraupen), nach Insektenstich, nach Genuß unzuträglicher Speisen und Medikamente erkennbar.

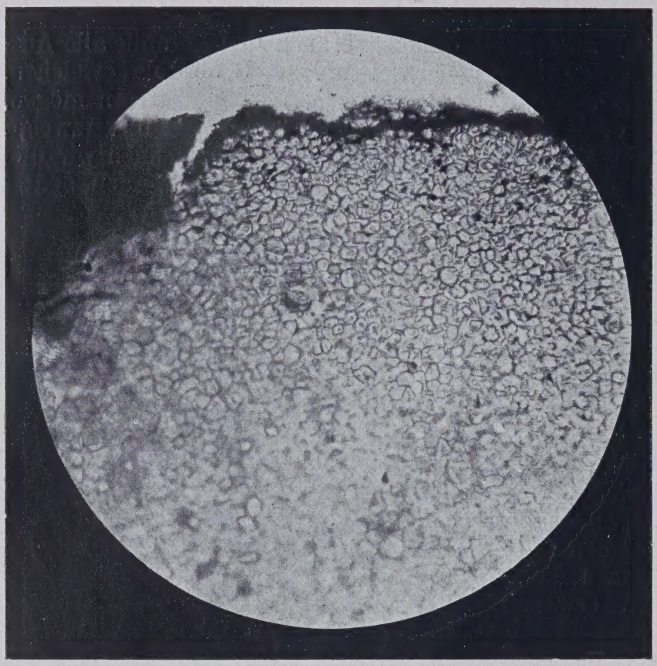


Fig. 95. Pseudoparenchym: Querschnitt durch eine sehr feste Verflechtung feiner Pilzfäden (Mutterkorn). Mikrophotogramm.

Drüsenhaare sind solche, welche irgendwelche Sekrete produzieren. Das geschieht fast stets in ein- oder vielzelligen, kugeligen oder scheibenförmigen Drüsenköpfen, welche ungestielt auf der Oberfläche des Pflanzenorgans aufsitzen oder auf kurzen oder langen, einfachen oder verzweigten Stielen sich erheben (Fig. 98, 101). Das Sekret entsteht unter der Kutikula und wölbt diese weit hervor (Fig. 101 b und d), bis sie reißt und das Sekret — ätherisches Öl oder harzähnliche Stoffe — ausfließen läßt. Reich an Drüsenhaaren sind z. B. Thymian, Rosmarin, Lavendel und andere duftende Lippenblütler, die Nachtschattengewächse, der Fingerhut (Fig. 98) u. v. a.

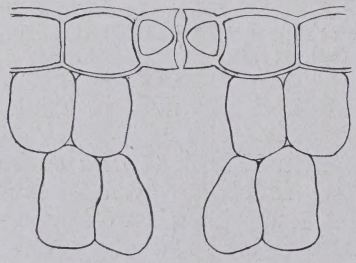


Fig. 96. Schließzellen: Querschnitt; unter der Spaltöffnung die Atemhöhle.

Flughaare treten an Samen und Früchten auf; sie ermöglichen deren Verbreitung durch den Wind. Die Samen der Baumwolle sind ganz und gar mit sehr langen, einzelligen, ursprünglich schlauchförmigen, später zu Bänderform kollabierenden Haaren besetzt (Fig. 102). Sie liefern nach Ablösung vom Samen die Baumwollfaser (Watte).

Daß nebeneinander auf dem nämlichen Pflanzenorgan Haare verschiedener Art auftreten, ist eine sehr häufige Erscheinung. Auf den Blättern von *Digitalis* stehen lange Wollhaare neben kleinen Drüsenhaaren (Fig. 98); die Brennnessel trägt außer Brennhaaren sehr zahlreiche, nicht brennende, borstenartige Haare; die Labiaten sind durch mehrere Sorten von Drüsenhaaren,

die sich mit drüsenlosen Haaren verschiedener Art kombinieren, ausgezeichnet usw. — Zuweilen entstehen an Pflanzen haarähnlich gestaltete Gebilde, die sich von echten Trichomen dadurch unterscheiden, daß an ihrem Aufbau auch die unter der Epidermis liegenden Gewebearten teilnehmen; sie heißen Emergenzen. Während die Dorne umgewandelte Sproßspitzen oder Blätter sind (s. o. Fig. 33 und 41), bezeichnet man ähnlich gestaltete Emergenzen als Stacheln (*Rosa*). Die gestielten Verdauungsdrüsen der insektivoren *Drosera* sind ebenfalls Emergenzen: auf einem hohen schlanken Fuß entwickelt sich ein keuliger Drüsenkopf, dessen Epidermis ein eiweißlösendes Ferment liefert. — Von den sog. Sinnesorganen der Pflanze und von der Beteiligung der Epidermis an der Reizperzeption wird

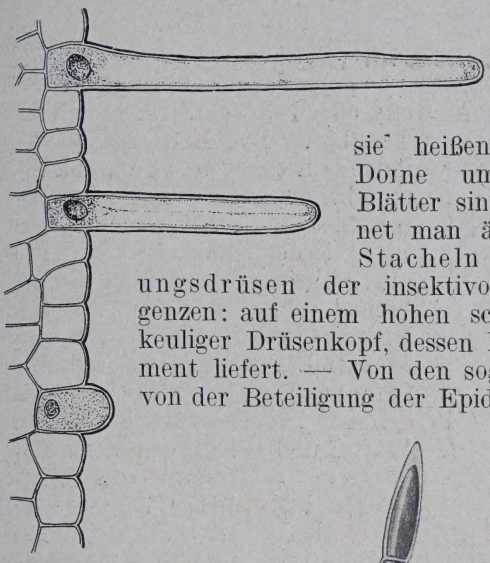


Fig. 97. Wurzelhaare, verschiedene Entwicklungsstadien.

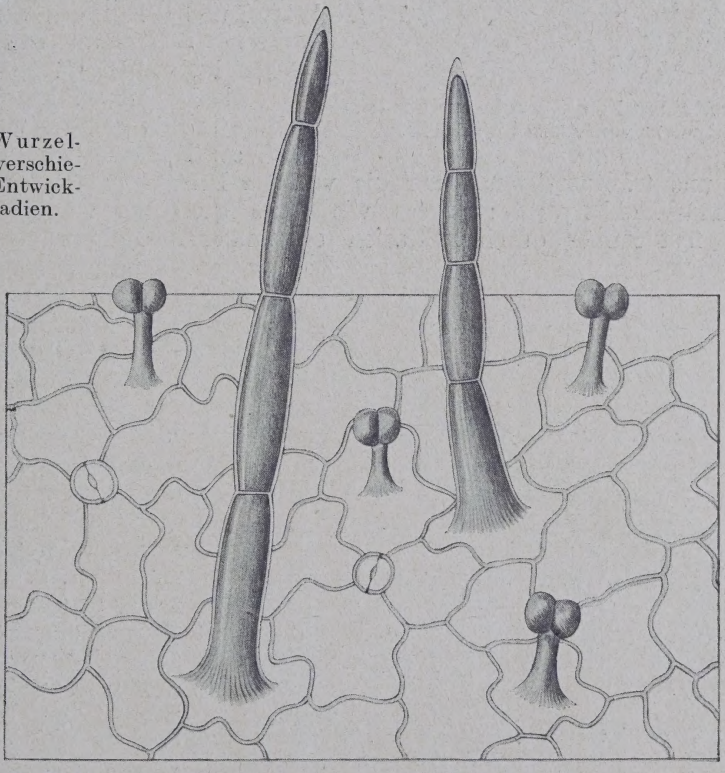


Fig. 98. Wollhaare nebst Drüsenhaaren auf dem Blatt von *Digitalis purpurea*. Die Drüsenhaare mit einzelligem Stiel und zweizelligem Drüsenkopf. Spaltöffnungen in Flächenansicht.

später die Rede sein. Ein dem tierischen vergleichbares Sinnesepithel kommt bei den Pflanzen nicht vor.

Geißeltragende Zellen sind dem Pflanzenreich nicht fremd (s. o., S. 80), Flimmerepithele fehlen ihm.

2. Leitbündel.

Die Leitbündel sind als zarte Aderung oder kräftige Stränge in vielen Pflanzenteilen schon makroskopisch erkennbar. Die Blätter sind von ihnen durchzogen (s. o., Fig. 45) und bekommen durch sie ihre charakteristische „Nervatur". Die Stengel der Balsamine sind so durchscheinend, daß man die Leitbündel schon in der unverletzten Pflanze deutlich wahrnehmen kann. In den Blattstielen des Wegebreit (*Plantago*) stellen die Leitbündel dehnbare, derbe Stränge dar, die beim Durchreißen des Stieles wie gerissene Saiten an den Wundflächen heraushängen.

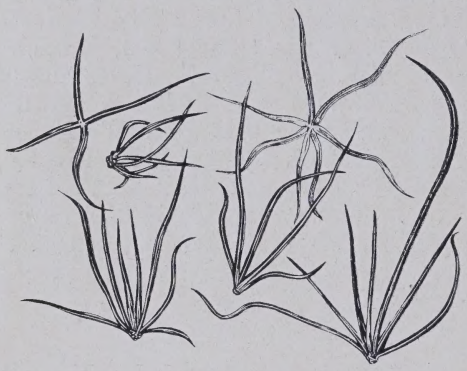


Fig. 99. Abgebrochene Sternhaare aus dem Blattpulver von *Althaea officinalis*.

Die Leitbündel leiten Wasser und die in ihm gelösten Stoffe von der Wurzel her in alle Teile der Pflanze und transportieren ferner die von der Pflanze gebildeten Eiweißstoffe und Kohlehydrate: dieses wie jenes geschieht vorzugsweise in langen, fast immer durch Zellfusion entstandenen Röhren eigenartiger Struktur, den Gefäßen und den Siebröhren.

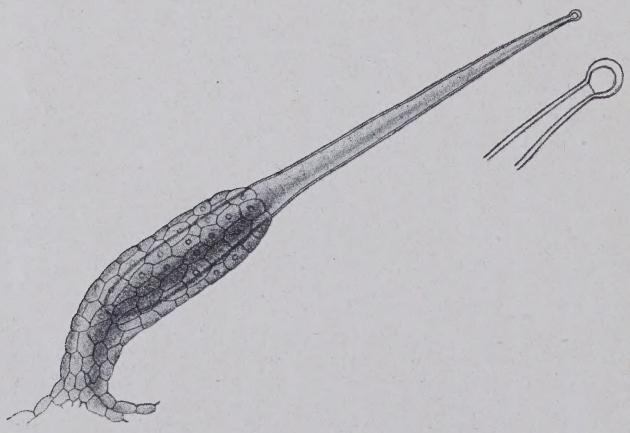


Fig. 100. Brennhaare von *Urtica dioica*. Die Haarzelle an der Basis stark erweitert und von zahlreichen kleinen Zellen umhüllt. Daneben das Köpfchen der Haarzelle bei starker Vergrößerung.

Die Gefäße sind — im Gegensatz zu den in der Anatomie des Menschen als Gefäße bezeichneten Gebilden — stets sehr enge, makroskopisch meist nicht erkennbare Röhren, welche nach Fusion (s. o.) übereinander liegender prismatischer oder zylindrischer Zellen zustandekommen: aus Zellreihen werden durch Lösung der trennenden Querwände Röhren von oft beträchtlicher Länge. Die so entstandenen Gefäße können einen Pflanzenkörper in seiner ganzen Länge als zusammenhängende Röhren durchziehen; im allgemeinen aber ist ihre Länge eine bescheidene (etwa 10 cm im Durchschnitt); in manchen Holzgewächsen

sind Gefäße von 1 oder 2 m Länge nicht selten, noch längere Gefäße sind für die Lianen (Schling- und Kletterpflanzen) bekannt.

Der plasmatische Inhalt der Gefäße geht früh zugrunde; ausgebildete Gefäße enthalten nur Wasser und Luft. Ihre Wand ist verholzt und durch charakteristische Verdickungen ausgezeichnet: die Gefäße entwickeln ringförmige oder schraubenförmige Verdickungen, die der Innenseite der Wände anliegen, aber die feste Verbindung mit ihr beim Zerreißen der Gefäße leicht aufgeben (Fig. 103 a, b, c). Neben den Ring- und Schraubengefäßen finden sich solche mit netzartig verdickter oder mit getüpfelter Wand (Netz- und Tüpfelgefäße, Fig. 103 d, e). Besonders charakteristisch und leicht erkennbar sind die in mikroskopischen Präparaten häufigen, aus schraubenförmig verdickten Gefäßen stammenden, sprungfederähnlichen Schraubenbänder, die bei klinischen Untersuchungen leicht zu Täuschungen Anlaß geben können (Verwechslungen mit elastischen Fasern).

Wegen der in ihnen gefundenen ring- oder schraubenförmigen Aussteifungen hat man die Gefäße der Pflanze mit den Atmungsorganen der Insekten verglichen und nach ihnen als Tracheen bezeichnet.

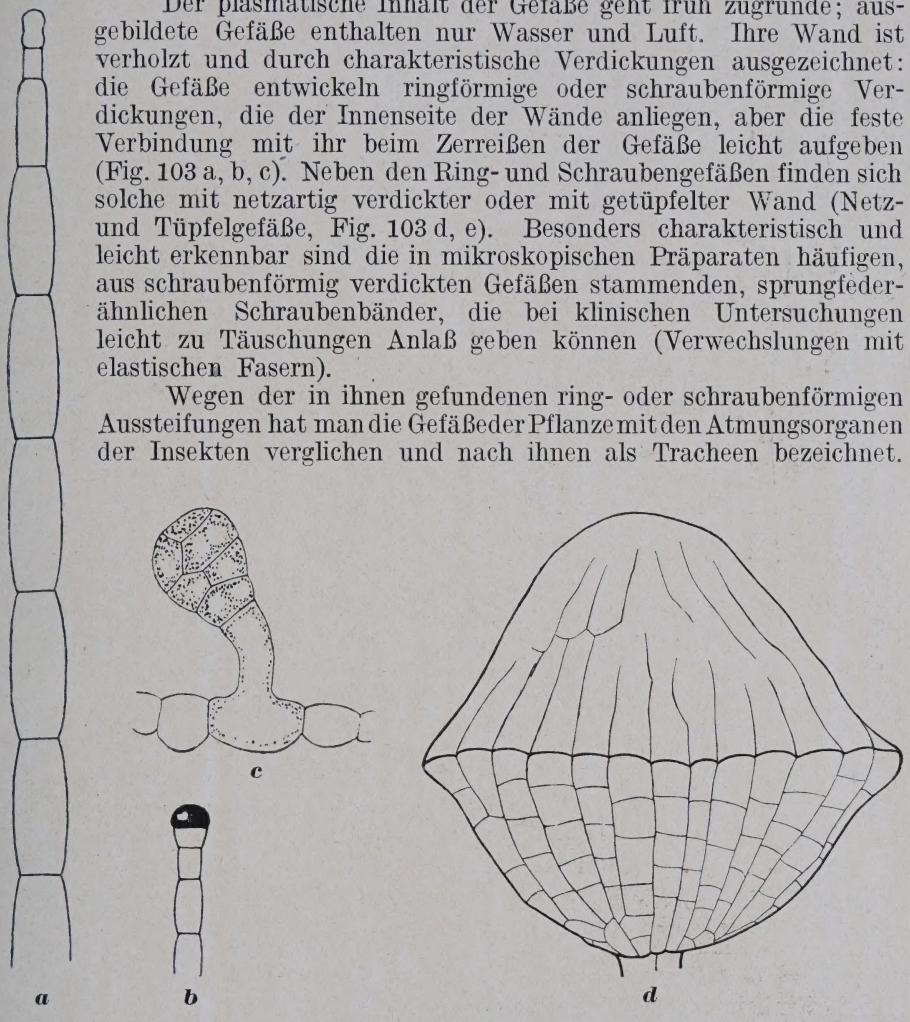


Fig. 101. Drüsenhaare. *a* und *b* lange und kurze Drüsenhaare von *Primula obconica*; die drüsige Spitze der langen Haare zeigt wechselnde Formen; bei *b* Sekrettropfen auf dem Drüsenkopf, *c* Drüsenhaar einer Solanazee mit mehrfach geteiltem Drüsenkopf, *d* Drüsenhaar von den weiblichen Infloreszenzen des Hopfens (*Humulus lupulus*). Die Drüse ist napfähnlich verbreitert und vertieft und hat durch reiche Sekretproduktion die Kutikula tütenförmig in die Höhe getrieben. An der Kutikula sind unvollkommen noch die Umrisse der Zellen erkennbar, welchen sie früher auflag.

Auch an ausgebildeten Gefäßen bleibt ihre Entstehung aus zahlreichen zylindrischen, durch Lösung der Querwände vereinigten Bestandteilen dauernd ersichtlich. Bleibt die Fusion aus, so entstehen statt echter Gefäße Tracheïden, die in Inhalt, Membranbeschaffenheit und Funktion mit jenen völlig übereinstimmen. Tracheïden finden sich z. B. in den feinen Veräste-

lungen der Leitungsbahnen des Blattes (Fig. 104); wir werden sie später im Holz der Nadelbäume wiederfinden.

Bei den Monokotyledonen enthält ein Leitbündel gewöhnlich nur drei oder vier Gefäße, bei den Dikotyledonen ist die Ausstattung der Bündel mit Gefäßen gewöhnlich reicher.

Die Gefäße sind der am leichtesten wahrnehmbare Teil der Leitbündel; diese werden daher auch als Gefäßbündel (Fibrovasalstränge) bezeichnet. —

Die Siebröhren sind, solange sie funktionsfähig bleiben, mit lebendem Zellinhalt gefüllt. Ihren Namen haben sie von dem siebplattenähnlichen Aussehen, das die Querwände bei der Fusion benachbarter Zellen annehmen. Sie sind meist schwer erkennbar und spielen bei der Analyse der Pflanzengewebe für den Praktiker keine Rolle.

Fig. 102. Flughaare von dem Samen der Baumwolle; Stücke der toten, kollabierten, oft tordierten Zellen.

Gefäße und Siebröhren liegen im Leitbündel gesetzmäßig verteilt — derart, daß die Gefäße den inneren (Holzteil, Xylem), die Siebröhren den äußeren Teil des Leitbündels (Siebteil, Phloëm) in Anspruch nehmen.

Bei sehr vielen Pflanzen werden die leitenden Zellformen der Leitbündel von dickwandigen Sklerenchymfasern (Fig. 89) begleitet, die in irgendwie gestalteten, oft sehr mächtigen Gruppen die Leitbündel umgeben; es wird sogleich auf diese Zellenform zurückzukommen sein.

3. Grundgewebe.

Alle Gewebeanteile, die weder zur Epidermis noch zu den Leitbündeln gehören, fassen wir als Grundgewebe zusammen. Grundgewebe zeigt sich in den verschiedensten parenchymatischen und prosenchymatischen Formen, die sich vornehmlich durch den Zellinhalt und die Beschaffenheit der Membran voneinander unterscheiden.

Grünes oder assimilierendes Grundgewebe erscheint vor allem in den Blättern. Das zwischen der ober- und unterseitigen Epidermis liegende Gewebe eines Blattes (Mesophyll, Fig. 105) besteht fast immer aus sehr chlorophyllreichen Zellen. Bei vielen Kräutern und Holzpflanzen unseres Klimas sind die an der Oberseite des Blattes liegenden Zellen langgestreckt und stehen senkrecht zur Oberfläche des Blattes (Palissaden); zwischen ihnen bleiben nur schmale Interzellularräume frei. Ihre Ausstattung mit Chlorophyllkörnern ist reichlich. Auf der Blattunterseite liegen mehrere Schichten rundlicher oder unregelmäßig verzweigter Zellen, die weniger reich mit Chlorophyll ausgesattet sind und zwischen einander große Interzellularräume frei lassen (Schwammparenchym, Fig. 105 b). Das grüne Gewebe jugendlicher Stengel, der Blatt-

stiele, unreifer Früchte usw. bleibt an Chlorophyllgehalt fast immer hinter dem des Blattes weit zurück.

Mechanisches Grundgewebe wird dasjenige parenchymatische oder prosenchymatische Gewebe genannt, das aus dickwandigen Zellen besteht und durch die Festigkeit seiner Membranen die der betreffenden Pflanzenteile beträchtlich erhöht und zuweilen erstaunliche Werte erreichen läßt.

Parenchymatisches mechanisches Grundgewebe besteht aus kugligen oder polyedrischen Zellen, deren Wände stark getüpfelt und stets verholzt sind (Fig. 78). Sie heißen Steinzellen. Solche treten in Mark und Rinde vieler Stengelorgane auf, besonders reichlich aber in manchen Früchten. Die harte Wallnußschale, der Kirsch- und Pflaumenkern usw., bestehen aus Steinzellen; ansehnliche Gruppen von solchen liegen im Fruchtfleisch geringer Birnensorten usw.

Die Durchlässigkeit auch der mächtigsten Steinzellenmassivs für Röntgenlicht ist beträchtlich. Selbst von so dicken Steinzellenkomplexen wie Haselnußschalen, Wallnuß, Pflaumenkern, Dattelkern oder *Phytelephas*-Knöpfen erhält man keinen Schatten, der dunkler wäre als der menschlicher Weichteile. Fremdkörper genannter Art lassen sich daher mit den üblichen klinischen Methoden und bei Verwendung von Strahlen der erforderlichen Härte auf dem Röntgenschirm nicht nachweisen — es sei denn, daß besonders günstige Lagerungsverhältnisse einen Schatten erkennbar machen.

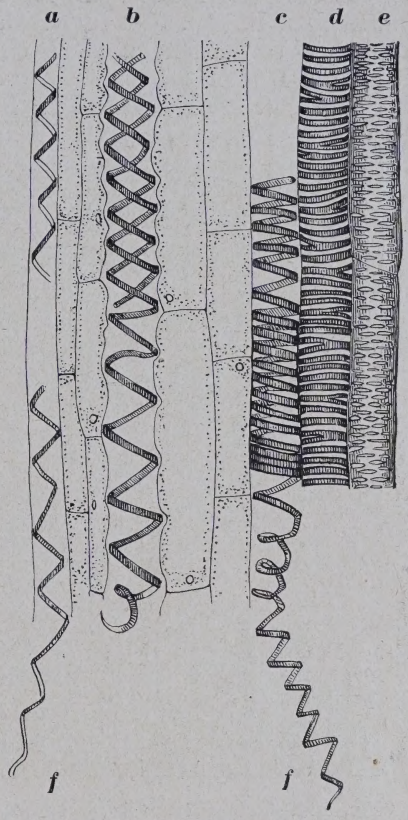


Fig. 103. Gefäße aus dem Leitbündel eines Kohlblattes. *a* und *b* Schraubengefäße mit ein oder zwei steil gewundenen Schraubenbändern. *c* Schraubengefäß mit flach gewundenem Schraubenband. *d* Gefäß mit Übergang zu netzförmiger Membranverdickung. *e* Netzgefäß. Zwischen den Gefäßen lebende Zellen. Bei *f f* Schraubenbänder, die bei der Herstellung des Präparates sich von der Gefäßmembran gelöst haben und aus den angeschnittenen Gefäßen herausgezogen worden sind.

Die prosenchymatische Form der mechanischen Gewebe stellen die bereits erwähnten Sklerenchymfasern dar (Fig. 89). Sie sind oft, keineswegs immer verholzt; ihre Festigkeit wird in erster Linie durch den Grad ihrer Dickwandigkeit bestimmt und ist von der Verholzung unabhängig. Namentlich diejenigen Bündel des Sklerenchymgewebes, die frei in zartwandigem Grundgewebe liegen und nicht mit Leitbündeln verbunden sind, haben große Bedeutung für die Textilindustrie (Linnen-, Hanf-, Nessel-, Ramie- und andre Fasern) und werden um so wertvoller, je fester, biegsamer und länger sie sind. Die Fasern des Leins können bis 40 mm, die der Nessel bis 70 mm, die der Ramie (*Boehmeria nivea*) bis 220 mm lang werden;

sie gehören zu den größten Zellen, die bei den höheren Pflanzen zu finden sind (s. o., S. 80).

Das speichernde Grundgewebe besteht im allgemeinen aus zartwandigen, chlorophyllfreien, rundlichen Zellen, deren Form wenig Abwechslung zeigt. Die wichtigsten Stoffe, die in ihnen gespeichert werden, sind Zucker, Stärke, Fett und Eiweiß. Wasserlöslich und daher bei mikroskopischer Untersuchung nicht ohne weiteres erkennbar ist der Zucker; die andern Bestandteile erscheinen als Tropfen (Fett), amorphe Körner oder Kristalloide (Eiweiß) oder als Sphärokristalle (Stärke).

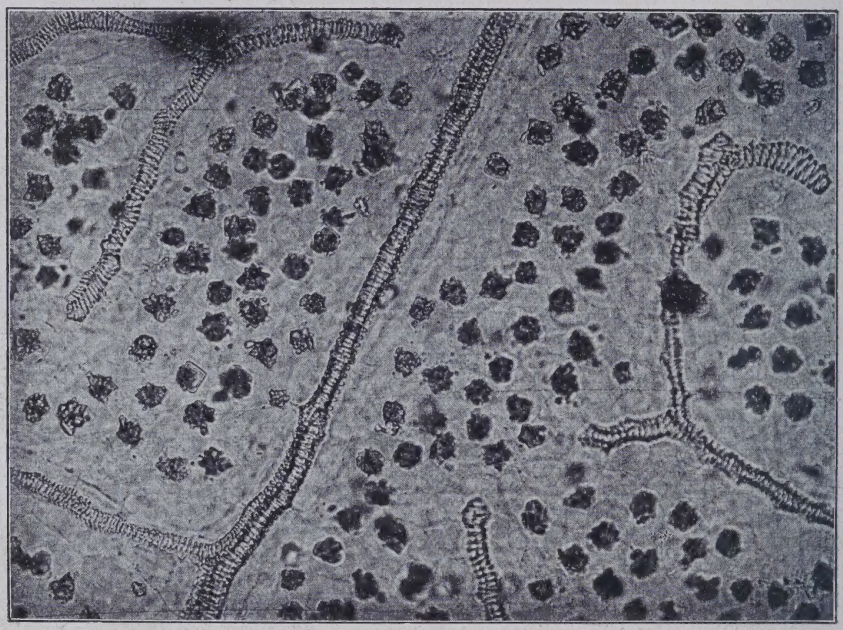


Fig. 104. Tracheïden in den Leitbündeln des Stechapfelblattes („*Folia stramonii*"). In den von Blattnerven eingerahmten Feldern zahlreiche Drusen. Mikrophotogramm.

Mischung, Verteilung und Erscheinungsform der im speichernden Gewebe enthaltenen Stoffe zeigen viele Unterschiede. Die Samen der Leguminosen enthalten in allen Zellen große Mengen von Stärke und Eiweiß (Fig. 106 a), während im Getreidekorn eine Trennung der gespeicherten Stoffe erfolgt, indem die äußerste Schicht des Nährgewebes Eiweiß und Fett, der innere Teil fast ausschließlich Stärke enthält (Fig. 106 b). Die Zellen der Kartoffelknollen speichern neben großen Mengen Stärke geringe Vorräte kristallinisches Eiweiß. Die Knollen des Topinambur speichern vor allem Inulin, ein wasserlösliches Kohlehydrat. Zuckerspeichernde Gewebe sind das Perikarp vieler Beeren (Stachelbeeren, Heidelbeeren usw.) und das saftige Exokarp vieler Steinfrüchte (Kirschen, Pflaumen usf.), sowie das Parenchym der Zuckerrübe. Fett wird namentlich im Perikarp mancher Früchte (Oliven) und in vielen Samen (Lein, Hanf, Mohn usw.) neben reichlichen Eiweißmassen gespeichert. Die Samen des Rizinus enthalten in

allen Zellen neben reichlichen Fettvorräten bemerkenswert große Aleuronkörner (Fig. 76).

Die genannten Formen des speichernden Grundgewebes spielen für die Pflanze die Rolle von Magazinen, deren Inhalt im Falle des Bedarfs — bei Keimung der Samen, beim Treiben der Knollen usw. — gelöst und verbraucht wird. Auch andere Stoffe wie Glykoside, Alkaloide, Gerbstoffe usw., an welchen viele offizinelle Rinden und Wurzeln reich sind, werden in den parenchymatischen Anteilen der genannten Organe angehäuft. Sehr viele vegetabilische Nahrungsmittel des Menschen sind durch die in ihnen enthaltenen Speichergewebe für ihn wertvoll.

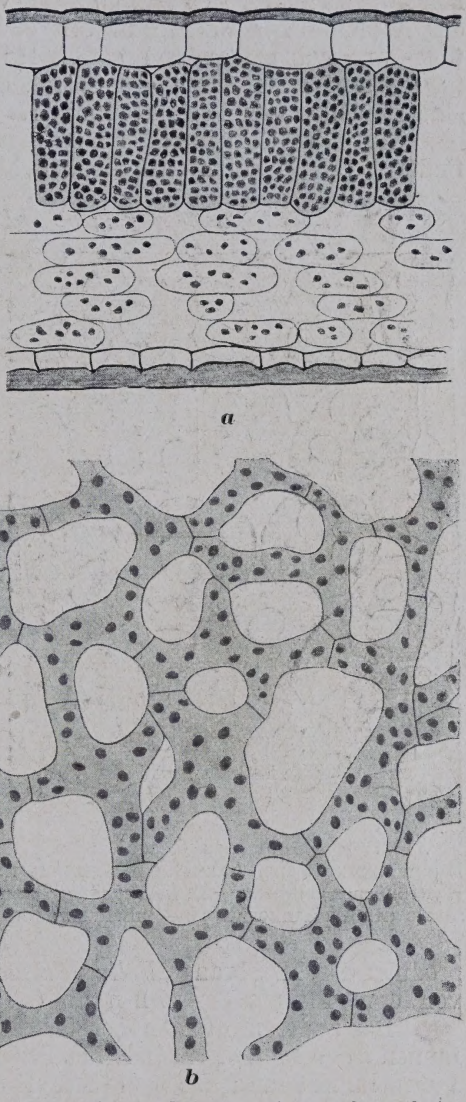


Fig. 105. Assimilierendes Gewebe. *a* Querschnitt durch ein Blatt von *Helleborus niger*: eine Reihe Palisaden-, fünf Reihen Schwammparenchym. *b* Eine Schicht des Schwammgewebes in Flächenansicht bei stärkerer Vergrößerung.

Dickwandige Formen des speichernden Grundgewebes liegen dann vor, wenn Reservezellulose gebildet wird, d. h. eine leicht hydrolysierbare Form der Zellwandsubstanz, die in späteren Stadien des Zellenlebens auf fermentativem Wege wieder gelöst werden kann. Speichernde Zellen dieser Art gleichen ebenso sehr durch die Ausbildung einer getüpfelten Wand wie durch ihre Festigkeit den Steinzellen (Fig. 93). Sehr fest wird das Gewebe namentlich in den Samen vieler Palmen (in Datteln, besonders bei *Phytelephas macrocarpum*); auch die Kaffeebohnen sind reich an Reservezellulose.

Sekretorisch tätige Zellen entwickelt das Grundgewebe in verschiedenen Formen. Eine besondere Art speichernder Zellen sind diejenigen, welche Sekret produzieren und es dauernd in ihrem Lumen bewahren (Sekretzellen); Ingwer, Kalmus, Pfeffer, Lorbeer, Muskatnuß, Kardamomen u.v.a. sind reich an Sekretzellen; bei letzteren liegen sie in der Samenschale. Eine besondere Kategorie von Sekretzellen bilden die Milchröhren. Diese

sind langgestreckte, mit Plasma und milchähnlichem — meist weißem — Zellensaft erfüllte Schläuche, die entweder durch fortgesetztes Spitzenwachstum ursprünglich kurzer Milchzellen zu meterlangen Zellenriesen heranwachsen und sich mannigfaltig verzweigen (ungegliederte Milchröhren der Wolfsmilchsgewächse u. a.) oder durch Verschmelzung zahlreicher über- und nebeneinander liegender Milchzellen (Zellfusion) zustandekommen (gegliederte Milchröhren des Salats, der Zichorie usw.). Die „Milch" ist eine Emulsion von Fett, Gummi, Harz, Kautschuk und anderen Stoffe.

Auch die Schleimzellen mögen in diesem Zusammenhang Erwähnung finden. Der in ihnen enthaltene Schleim ist entweder ein Umwandlungs-

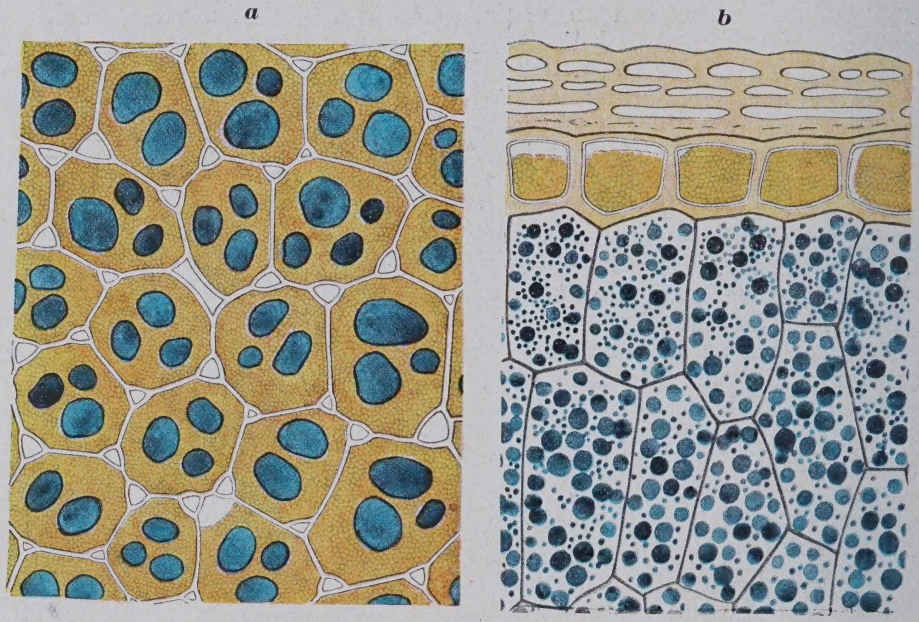


Fig. 106. Speicherndes Gewebe: *a* Teil des Querschnitts durch den Embryo eines Leguminosensamens, *b* durch ein Weizenkorn. Nach Behandlung mit JJK haben sich die Eiweißkörner gelbbraun, die Stärkekörner blau gefärbt. Die Zellen der Frucht- und Samenschale des Weizenkornes sind inhaltslos; ihre Membranen durch J schwach gelb gefärbt.

produkt der Membran („*Folia Malvae*", „*Folia Althaeae*") oder leitet sich von dem Plasma der Zellen ab („*Tubera Salep*").

Bei anderen Formen der Sekretorgane bleibt das Produkt nicht im Lumen der sekretliefernden Zellen liegen, sondern gelangt in die anstoßenden Interzellularräume; die das Sekret aufnehmenden Interzellularen heißen Sekretgänge, wenn es sich um langgestreckte Hohlformen handelt (Ölgänge der Doldenblütler, Harzgänge der Nadelbäume), — Öllücken (Myrte, *Eucalyptus*, Gewürznelke, Fig. 107), wenn sie rundliche Form haben. Sie entstehen durch Aufspaltung der Membran und Trennung benachbarter Zellen jugendlichen Gewebes im und erweitern sich während des Wachstums der Organe oft in der Weise, daß die sie umgebenden Zellen sich verflüssigen, und schließlich eine schon makroskopisch sichtbare, sekreterfüllte Lücke im Gewebe entsteht (Pomeranzenschale).

Während das von den oberflächlichen Sekretorganen, den Drüsenhaaren und Digestionsemergenzen (s. o., S. 88, 89) gelieferte Sekret den Pflanzenkörper verläßt, bleibt das in den Öllücken, Harzgängen und Sekretzellen liegende Material im allgemeinen im Pflanzenkörper liegen, bis eine Verwundung die sekreterfüllten Räume trifft; doch sind auch Sekretlücken bekannt, die spontan ihren Inhalt nach außen ergießen. Sekreterfüllte Räume, die nach Art der tubulösen Drüsen nach außen münden, sind im Pflanzenreich sehr selten. —

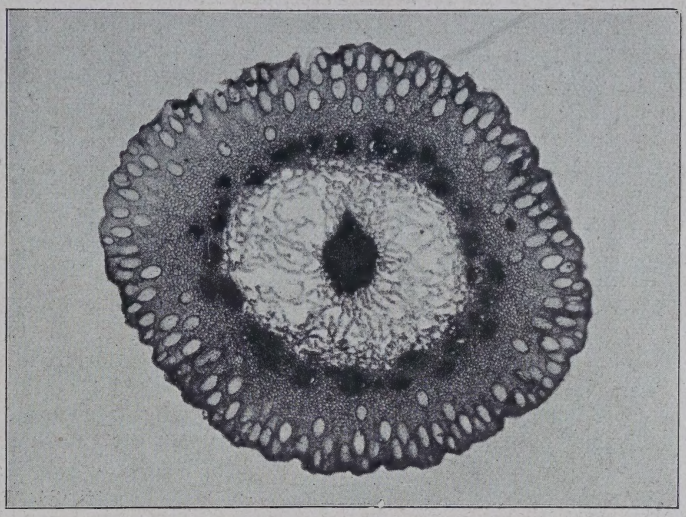


Fig. 107. Sekretlücken: Querschnitt durch den unterständigen Fruchtknoten einer Gewürznelke. An der Peripherie liegen geräumige ölhaltige Interzellularräume in mehreren Schichten übereinander.

Obwohl die Pflanzen zur Leitung der auf sie wirkenden Reize befähigt sind, geht ihnen ein besonders reizleitendes oder Nervengewebe durchaus ab.

4. Sekundäre Gewebe.

Zum sekundären Dickenwachstum befähigt sind Sprosse und Wurzeln der Nadelbäume und der Dikotyledonen. Auf dem Querschnitt durch sie nimmt man frühzeitig eine ringförmige Gewebezone wahr, das Kambium, das sich in der Weise betätigt, daß seine Zellen fortgesetzt sich in tangentialer Richtung teilen und auf diese Weise nach innen wie nach außen neue Zellen abgeben. Im Innern des Kambiumringes bzw. Kambiumzylinders liegt das Holz — außerhalb des Kambiums liegt die Rinde oder der Bast. Je länger sich das Dickenwachstum betätigt, desto mächtiger wird der zentrale Holzkörper, und desto mehr weitet sich der ihn umspannende Kambiumzylinder. Nach außen gibt dieser erheblich weniger Zellen ab als nach innen, so daß die Rinde niemals solche Mächtigkeit erreicht wie sie den Holzkörper allbekanntlich auszeichnet (Fig. 108).

Holzkörper und Rinde stellen zusammen nichts anderes dar als den mächtig vergrößerten Leitbündelapparat der jugendlichen Organe, von dem vorhin die Rede war. Im Holzkörper der Dikotyledonen finden wir vor allem Gefäße (s. o.), Holzfasern, d. h. feste, sklerenchymatische Elemente und stoffspeichernde, parenchymatische Zellen.

Die Gefäße des beim sekundären Dickenwachstum entstandenen Holzes der Laubbäume entsprechen in allen wesentlichen Punkten den früher beschriebenen Gefäßen der primären Gewebe. Das Holz der Nadelbäume besteht — abgesehen von geringen parenchymatischen Anteilen — aus wasser-

leitenden, gefäßähnlichen Zellen, den Tracheïden (s. o.). Bei der vielseitigen Verwendung, welche das Holz der Koniferen in den verschiedensten Industrien findet, ist es nicht verwunderlich, daß kleine Anteile von ihm sich gelegentlich in mikroskopische Präparate der verschiedensten Herkunft einschleichen. Sie werden an der eigenartigen Tüpfelung der Tracheïden leicht erkannt (Fig. 109). Splitter aus Laubholz machen die zwischen schlanken Holzfasern liegenden dicht getüpfelten Gefäße kenntlich (Fig. 110).

Holz ist hart, aber entsprechend seiner Zusammensetzung aus parallel gestellten faserigen Elementen leicht spaltbar. Das Verhalten des Holzes im Röntgenlicht ist nicht anders als das der Steinzellengebilde, von welchen oben (S. 93) die Rede war.

Die Rinde oder der Bast besteht vornehmlich aus Siebröhren, sklerenchymatischen Fasern (Bastfasern) und wiederum speichernden Parenchymzellen.

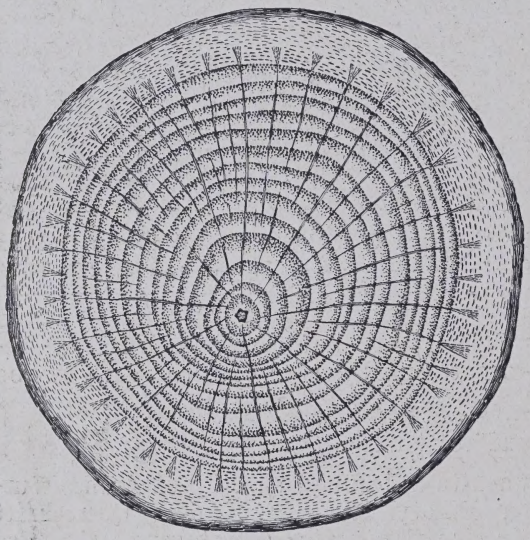


Fig. 108. Sekundäres Dickenwachstum: Innen das Holz mit deutlichen Jahresringen, außen die Rinde. Beide in radialer Richtung von Markstrahlen durchzogen. Außen die als Borke abgestoßenen toten Teile der Rinde.

Letztere sind in Holz und Rinde regellos zwischen die andern Elemente verteilt oder zu tangentialen Bändern vereinigt; außerdem bilden sie die in radialer Richtung Holz und Rinde durchziehenden Markstrahlen (Fig. 108). Die Breite der Markstrahlen wechselt bei den verschiedenen Holzarten; bei manchen sind sie ebenso wie die Gefäße schon mit bloßem Auge unschwer zu erkennen.

Die Zellen des Kambiums setzen ihre Teilungstätigkeit jahrzehnte- und jahrhundertelang fort — allerdings in dem Klima unserer Breiten nicht ununterbrochen, da auf den Spätsommer eine mehrmonatliche Ruheperiode folgt, und erst im Frühjahr die Zellenproduktion wieder aufgenommen wird. Im Spätsommer fallen die Zellen des Holzes englumiger aus als im Frühjahr. Da die im folgenden Frühjahr entstehenden Elemente sich unvermittelt an die schmalen Zellen des Spätsommerholzes anschließen, markiert sich zwischen diesen und jenen eine deutliche Linie, die als Jahresring bezeichnet wird (Fig. 108). Die Zahl der Jahresringe gestattet das Alter der zu sekundärem Dickenwachstum befähigten Stämme und Wurzeln abzulesen. Es gibt Nadelbäume, an deren Stämmen man über 2000 Jahresringe zu zählen vermocht hat (Mammutbaum, *Sequoia gigantea*). Die gewaltige Produktionskraft der Zellbildungsherde, die wir in dem Kambium kennen gelernt haben, und die vieljährige Dauer ihrer Betätigung beleuchten von neuem den Unterschied, der zwischen der Histiogenese der Tiere und der Pflanzen besteht. Zwar besitzt auch der Mensch in seinem Stratum germinativum (Str. Malpighii) der Epidermis eine zu dauernder Gewebeneubildung befähigte Zellenschicht;

sie bleibt aber hinsichtlich der Reichlichkeit und der Dauerfähigkeit ihrer Produkte wie in dem Einfluß, den ihre Tätigkeit auf die äußere Erscheinung des gesamten Organismus hat, weit hinter dem Kambium der Bäume zurück.

So wie das Wachstum der Nägel und Haare des Menschen von dem Ernährungszustand des Organismus abhängig ist und über ihn Bericht erstattet, so läßt sich auch aus der Breite und der Struktur der Jahresringe ablesen, was für Witterungs- und andere für die Ernährung des Baumes wichtige Umstände während eines Lebensjahres geherrscht haben. —

Keineswegs alle Jahresschichten, die ein vieljähriges Baumindividuum gebildet hat, bleiben dauernd funktionsfähig. Vielmehr werden mit fortschreitendem Alter und fortschreitender Vermehrung der Jahresringe die ältesten Zellen in immer größerer Zahl außer Dienst gestellt, indem die Lumina der Zellen mit harzähnlichen, oft auffallend gefärbten Massen sich füllen und verstopfen. Derartig verändertes Holz heißt Kernholz; die äußeren, jüngeren Schichten des Holzkörpers, deren Zellen noch funktionstüchtig sind, bilden den Splint. —

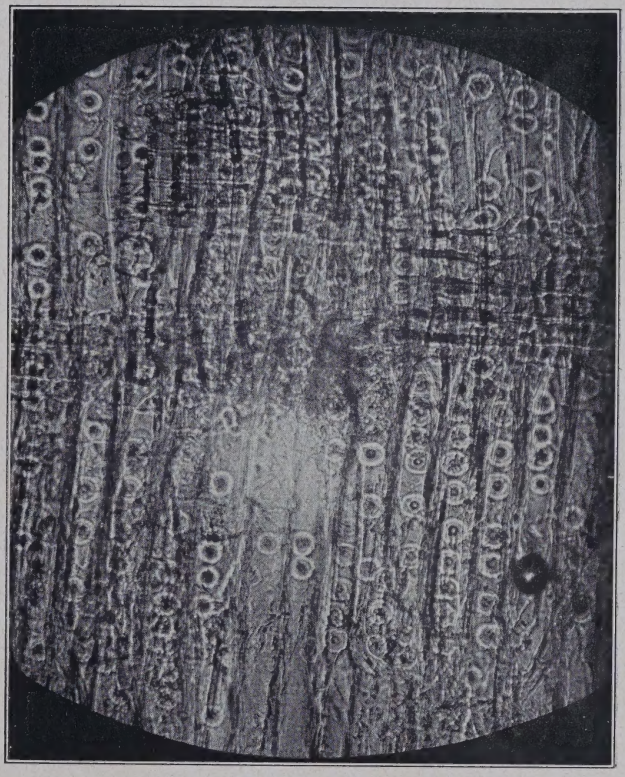


Fig. 109. Nadelholzstruktur: Tracheïden mit Hoftüpfeln; letztere gleichen bei Betrachtung in Flächenansicht „augen"-ähnlichen Gruppen von je zwei konzentrischen Ringen.

Auf die vielen Ausnahmen, welche die hier geschilderten Regeln des Dickenwachstums erfahren können, und die vielen Formen des anomalen Dickenwachstums sei nur mit einem Beispiel eingegangen. Die Zuckerrüben und andre ihnen verwandte Rübenformen erledigen ihr beträchtliches Dickenwachstum in der Weise, daß immer neue Kambien in den äußeren Schichten der Wurzel um die bereits vorhandenen sich bilden. Jedem der Kambien kommt nur eine ganz kurze Betätigungsdauer zu (Fig. 111). —

Sehr viel unscheinbarer als die bisher geschilderten ist diejenige Form der sekundären Gewebe, die als Kork bezeichnet wird. Solcher entsteht vornehmlich an den Achsen ausdauernder Gewächse und besteht gewöhnlich aus mehreren Lagen zarter oder derbwandiger, tafelförmiger, lückenlos aufeinander liegender Zellen, deren Wände verkorkt und daher für Wasser

Fig. 110. Laubholzstruktur: Holzfasern, Tüpfelgefäß.

und Gase schwer durchlässig sind. Wie die lückenlose Gewebeplatte der Epidermis durch Spaltöffnungen, so wird der Kork hie und da durch Lentizellen unterbrochen, d. h. durch Stellen, an welchen die Korkzellen rundlich geformt sind und Lücken zwischen einander freilassen, so daß Luft in das Innere des Organs dringen kann. Sehr deutlich sind die Lentizellen als erhabene Pusteln z. B. an den Zweigen des Holunders (*Sambucus*) oder gar auf dem weißen Kork der Birke als braune Horizontalstriche zu sehen.

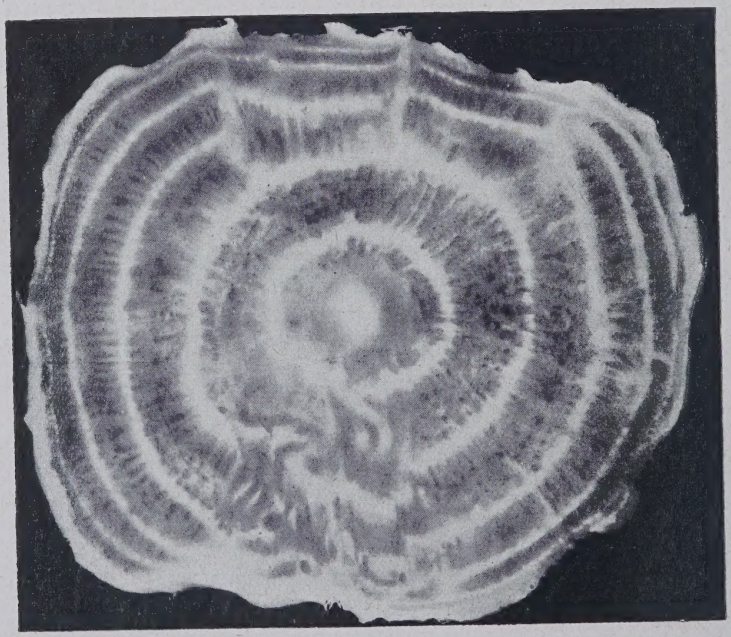


Fig. 111. Anomales Dickenwachstum: Wurzel von *Beta*.
Naturselbstdruck.

Nur ausnahmsweise wird der Kork so mächtig wie an der Korkeiche (*Quercus suber*). Er bildet bei ihr so starke Mäntel, daß er zu den verschiedensten Gegenständen verarbeitet werden kann, für deren Aufgaben ihn seine Leichtigkeit, seine Kompressibilität und seine Undurchlässigkeit tauglich machen. Letztere sinkt freilich in dem Maße, als Lentizellen sich an ihm entwickeln. Diese sind als braune, mit lockerem Zellenmaterial erfüllte Poren und Gänge an geringwertigen Korkwaren reichlich zu bemerken; lentizellenreicher Kork ist zum Flaschenverschluß und zu ähnlichen Aufgaben naturgemäß wenig tauglich.

Die Verkorkung der Zellwände macht den Kork vielen chemischen Einflüssen gegenüber widerstandsfähig. Korkstopfen, welche stark alkalische Flüssigkeiten abzuschließen haben, verfallen gleichwohl früher oder später der Mazeration, d. h. sie zerfallen in die einzelnen Zellen, die sich den Präparaten mitteilen können und schon manchen Mikroskopiker irregeführt zu haben scheinen (Karzinomparasiten!!).

Kork geht selten aus der Epidermis, meist aus tiefer liegenden Gewebeschichten hervor. Rindengewebe, welches außerhalb der Korkschicht liegt, stirbt ab. Je weiter das Dickenwachstum der Rinde fortschreitet, um so öfter wiederholt sich in ihren äußeren Lagen der Prozeß der Korkbildung. Das durch sie zum Absterben gebrachte Rindenmaterial wird als Borke abgestoßen.

III. Kapitel: Physiologie.

Linnés Satz: Saxa crescunt, plantae vivunt et crescunt, animalia crescunt, vivunt et sentiunt, mit welchem der Unterschied der drei Naturreiche auf eine kurze Formel gebracht wird, sagt uns zugleich, in welchem von allen Merkmalen Tiere und Pflanzen am sinnfälligsten miteinander übereinstimmen.

Daß die Pflanzen lebende Wesen sind, ist eine ebenso geläufige Erkenntnis, wie die andere, daß ihr Leben am deutlichsten durch das Wachstum für jedermann ersichtlich wird. Mit dem Wachstum haben die Pflanzen in der Tat eine hervorragend wichtige Lebensäußerung mit den Tieren gemeinsam; doch ist auch in vielen andern Punkten die Übereinstimmung in der Physiologie der Tiere und Pflanzen überraschend groß.

Die Lebensäußerungen der Tiere, zu deren Ermittlung und Verständnis die am menschlichen Körper beobachteten Erscheinungen anregten, und auf welche vielfach die Schnelligkeit ihres Ablaufs und die durch sie bewirkten äußeren formalen Veränderungen des Tierkörpers aufmerksam machten, waren schon verhältnismäßig gut erforscht, als in der Mitte des verflossenen Jahrhunderts die Pflanzenphysiologie erst begründet wurde. Schritt für Schritt vermochte sie zu zeigen, daß Tiere und Pflanzen nicht nur gleichermaßen der Wasserzufuhr, der Atmung, der Ernährung usw. bedürfen, sondern sogar in vielen Einzelzügen chemischer wie physikalischer Natur miteinander übereinstimmen. Mögen auch hinsichtlich der C-Ernährung und im N-Kreislauf und in anderen Beziehungen fundamentale Unterschiede zwischen den beiden Organismenreichen bestehen, so sehen wir andererseits doch, daß das Leben dieser wie jener von denselben Agentien gefördert und angegriffen wird, daß bei Tieren und Pflanzen eine gesetzmäßige Verteilung der physiologischen Leistungen auf verschieden gebaute, verschieden funktionierende „Organe" besteht, daß Kohlehydrate, Fett und Eiweiß in der Ernährung der Pflanzen eine ganz ähnliche Rolle spielen wie bei den Tieren, die Verwertung der Stoffe und ihr Abbau in gleicher Weise vor sich gehen, daß die Sexualität bei Tieren und Pflanzen auf die gleichen Zellphänomene zurückzuführen ist, und für die bei Tieren und Menschen beobachtete Vererbung eben diejenigen Gesetze gelten, die an Pflanzen gefunden worden sind.

Wenn auch die Pflanzenphysiologie eine junge Wissenschaft zu nennen ist, so hat sie gleichwohl in manchen Kapiteln die Tierphysiologie zu überholen vermocht. Daß sie in vielen Richtungen eindringender zu arbeiten imstande war als jene, verdankt sie der relativ einfachen Organisation ihrer Objekte und der Zugänglichkeit, welche die einzelne Zelle gegenüber den Methoden des Physiologen auszeichnet.

Die nachfolgende Darstellung der Lebensäußerungen der Pflanzen wird die physiologische Übereinstimmung der Pflanzen mit den Tieren darzutun,

auf ihre Unterschiede zu verweisen und namentlich bei denjenigen Ergebnissen zu verweilen haben, welche auch für die Beurteilung der am Tierkörper beobachteten Lebensäußerungen sich fruchtbar erwiesen haben.

1. Bewegung des Wassers und gelöster Stoffe in der Pflanzenzelle.

Jede Lebensäußerung der Zellen setzt ausreichenden Wassergehalt voraus. Zellen, welche ihres Wassergehalts völlig beraubt sind, stellen jede Lebensäußerung ein. Die meisten Zellenarten sterben bei völliger Trockenheit ab; besonders widerstandsfähige Zellen aber sind auch nach der Einstellung aller Lebensäußerungen noch als lebendig zu bezeichnen, da sie nach erneuter Zufuhr von Wasser jene wieder aufzunehmen imstande sind. Beispiele liefern vor allem die Samen und Sporen, die in trockenem Zustand jahre-, sogar jahrhundertelang ruhen können, seltener die vegetativen Teile der Pflanzen (manche Bakterien, Dauerzustände mancher Pilze, die Thalli vieler Flechten, viele Moose usw.).

Turgor, Wasseraufnahme. — Wachsende Pflanzenzellen sind in allen ihren Teilen reichlich mit Wasser versehen, sind turgeszent; erst der durch ihre Wasserfülle bewirkte Turgordruck der Zellen befähigt diese zu den ihnen eigentümlichen Wachstumsleistungen und anderen wichtigen Lebensäußerungen.

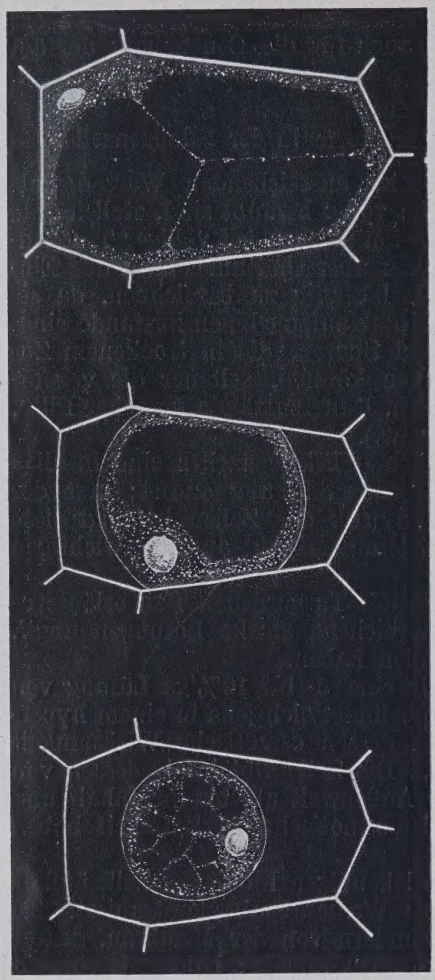
Um die Begriffe der Turgeszenz und des Turgordruckes zu erläuternbeschreiben wir die Wirkung, welche hinreichend starke Lösungen ungif, tiger Substanzen auf lebende Pflanzenzellen haben.

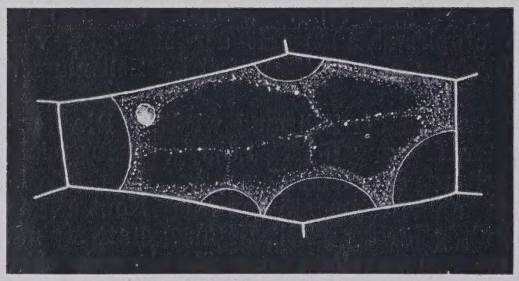
Überträgt man eine Pflanzenzelle in eine 5- bis 10%ige Lösung von Kochsalz, Kaliumnitrat oder ähnliches, so befindet sich jene in einem hypertonischen Medium, d. h. einem Medium, dessen osmotische Wirksamkeit höher ist als die des Pflanzenzellinhalts. Die Zelle gibt infolgedessen von ihrem Gehalt an Wasser so lange an die Außenwelt ab, bis ihr Inhalt und das die Zelle umspülende Medium gleiche osmotische Wirksamkeit haben oder „isotonisch" sind.

Die Wirkung der Salzlösung auf den lebendigen Inhalt der Zelle äußert sich darin, daß dieser sich während der Wasserabgabe kontrahiert, das Lumen der Zelle also nicht mehr füllt, sondern von der Membran, der er bisher fest anlag, sich in wechselnden Formen abhebt: bald entsteht eiu gelapptes Protoplasmagebilde, das an die im hypertonischen Medium zhr „Stechapfelform" einsinkenden Erythrozyten erinnert, bald kugelähnliche Gebilde, die noch durch feine Protoplasmafäden mit der Membran verbunden sind oder ohne feste Verbindungen mit dieser frei im Zellenlumen liegen (Fig. 112).

Die Loslösung des Protoplasmas von der Zellwand wird als Plasmolyse bezeichnet. Je konzentrierter die zugeführte Lösung, desto reichlicher die Abgabe von Wasser seitens der lebendigen Anteile des Zellinhalts und seitens der Vakuole und desto stärker die Kontraktion des Zellenleibes. Bei Zellen, die mit gefärbtem Zellsaft ausgestattet sind, erkennt man an der zunehmenden Dunkelheit der Farblösung ohne weiteres die Steigerung der Konzentration; Stoffe, welche in der Vakuole gelöst waren, können in ihr bei der Plasmolyse amorph oder kristallinisch ausfallen.

Ersetzt man die Kochsalz- oder Salpeterlösung durch eine schwächere Lösung oder durch reines Wasser, so geht die Plasmolyse zurück: der Zellen-





leib, dessen osmotischer Druck — nachdem die Plasmolyse zum Stillstand gekommen war — dem der angewandten NaCl- oder KNO_3-Lösung entsprach, befindet sich nach Behandlung mit reinem Wasser in einer hypotonischen, d. h. in einer mit geringerer osmotischer Kraft wirkenden Flüssigkeit; er nimmt aus dieser Wasser auf, schwillt dabei stark an und füllt schließlich das ganze Zellenlumen wieder aus, ja er dehnt sogar die Membran noch ein wenig. Wasserreiche Zellen sind prall, ihre Membranen gespannt. Der Druck, den der Zellinhalt auf die Membran ausübt, heißt Turgordruck, prall gefüllte Zellen heißen turgeszent. Pflanzenorgane, die sich aus turgeszenten Zellen aufbauen, sind fest und elastisch; büßen die Zellen durch Wasserverlust, z. B. beim Welken, ihre Turgeszenz ein, so verlieren Stengel und Blätter ihre frühere Festigkeit und werden schlaff.

Befindet sich eine Zelle in reinem Wasser oder in Lösungen von geringer osmotischer Kraft, so wird ihr Inhalt schwellen, bis die Membran der Volumenzunahme des Inhalts nicht mehr durch Dehnung zu folgen vermag. Die osmotische Wasseraufnahme ist damit sistiert. Wenn die Membran dem angestiegenen Turgordruck nicht standzuhalten vermag, so platzt sie und läßt einen Teil des lebendigen Inhalts mit großer Gewalt herausspritzen (Plasmoptyse); bei Pollenkörnern, die in destilliertes Wasser übertragen worden sind, kann man den Vorgang oft gut beobachten (Fig. 113). —

Die Plasmolyse dient bei zellphysiologischen Studien

Fig. 112. Plasmolyse: *a*, *b* und *c* schematische Darstellung einer Zelle vor und während der Plasmakontraktion; durch Entspannung der Zellhaut hat das Zellenlumen bei der Plasmolyse sich deutlich verkleinert. Nach starker Plasmolyse hat sich ein System kräftiger Protoplasmafäden gebildet (*c*). Bei *d* unvollkommene Plasmolyse: der Zellinhalt ist stellenweise an der Membran haften geblieben.

zur Entscheidung der Frage, ob eine Zelle noch lebt oder nicht; nur lebendige Zellen lassen sich plasmolysieren; das Ausbleiben der Plasmolyse nach Behandlung der Zellen mit hinreichend starken Lösungen ist ein Zeichen dafür, daß sie tot sind.

Bringt man tote Zellen in Lösungen der oben genannten Konzentrationen, so wird der osmotische Ausgleich zwischen Zellinhalt und Außenmedium nicht durch Auswanderung des Wassers aus der Zelle, sondern durch Eindringen der Salzteilchen erreicht. Andererseits: stirbt eine Zelle bei der Plasmolyse ab, so wird es nicht mehr gelingen, durch Zuführung von reinem Wasser die Plasmolyse rückgängig zu machen, da der tote Plasmaschlauch die Salzteilchen der von ihm umschlossenen Lösung nicht mehr zurückhält, sondern unbehindert herausdiffundieren läßt. Während das lebendige Protoplasma für die Salzteilchen undurchlässig oder schwer durchlässig war, vermögen diese die tote Protoplasmaschicht ohne weiteres und schnell zu durchwandern. Auch die in ihnen geborgenen Stoffwechselprodukte, wie wasserlösliche Farbstoffe usw., werden von toten Zellen schnell abgegeben, von lebendigen dauernd festgehalten.

Fig. 113. Plasmoptyse: Verhalten eines Pollenkorns in destilliertem Wasser.

Um ihrer Eigenschaft willen, Wasser leicht, die in ihm gelösten Stoffe schwer oder gar nicht permeïeren zu lassen, nennen wir die Protoplasmaschicht und insbesondere ihre äußerste Lage, die Hautschicht der Protoplasten, halbdurchlässig oder semipermeabel.

Die Erleichterung, die jeder Stoffaustausch nach dem Absterben der Zelle erfährt, ist für die Beurteilung vieler praktischer, diätetischer und anderer Fragen von Bedeutung.

Bei längerem Aufenthalt der Zellen in plasmolysierenden Flüssigkeiten kann die Permeabilität ihres Protoplasmas für die angewandte Salzlösung steigen: die Plasmolyse geht alsdann spontan zurück, der Protoplast dehnt sich aus. Auch andere äußere Faktoren wirken auf die Permeabilität der Protoplasten ändernd ein. —

Man mißt den osmotischen Druck einer Flüssigkeit nach Atmosphären, d. h. nach der Höhe der Hg-Säule, die gehoben wird, wenn eine in geschlossenem Raum befindliche Lösung von bestimmter Zusammensetzung und Konzentration durch eine semipermeable Membran Wasser aufzunehmen Gelegenheit hat. Semipermeable, zur Messung des osmotischen Drucks geeignete Membranen erhält man dadurch, daß man den Tonzylinder eines Daniell-Elementes mit Kupfersulfatlösung tränkt und hiernach mit einer Lösung von Ferrozyankali behandelt; in den Poren des Tons entsteht eine Niederschlagsmasse von Ferrozyankupfer, welche für Wasser permeabel ist, bestimmten Salzen gegenüber sich aber als undurchlässig erweist. Füllt man einen in beschriebener Weise vorbehandelten Tonzylinder z. B. mit Kupfersulfatlösung, führt man weiterhin in seinen Stopfen ein Quecksilbermanometer ein und taucht den Zylinder in Wasser, so strömt dieses durch die semipermeable Niederschlagsmasse in das tönerne Zellmodell, ohne daß Kupfersulfat dieses verlassen könnte; je nach der Konzentration der einge-

füllten Lösung wird das Manometer mehr oder minder hoch steigen. Die Steighöhe bringt den „osmotischen Druck“ der Lösung zum Ausdruck.

Den osmotischen Druck eines Zellinhalts mißt man mit Hilfe der „plasmolytischen Methode“, indem man feststellt, mit welchen Lösungen der Zellinhalt isotonisch ist, oder bei Anwendung welcher Konzentrationen eben noch die ersten Anfänge einer Plasmolyse bemerkbar werden.

Große praktische Bedeutung hat namentlich in denjenigen Fällen, in welchen nur geringe Flüssigkeitsmengen zur Messung ihres osmotischen Wertes zur Verfügung stehen, das kryoskopische Verfahren, d. h. die Ermittelung der Gefrierpunktserniedrigung, welche durch die im Wasser gelösten Stoffe bewirkt wird; je höher der osmotische Druck, um so beträchtlicher die Erniedrigung des Gefrierpunktes (Δ). Einer Gefrierpunkterniedrigung von 0,001° entspricht ungefähr ein Druck von 0,012 Atmosphäre (=9,2 mm Hg-druck).

Die in lebenden Zellen herrschenden osmotischen Drucke sind hoch, sie betragen meist 5 bis 10 Atm. Je konzentrierter die Lösung ist, welcher eine Pflanze ihren Bedarf an Wasser zu entnehmen hat, um so stärker konzentrierten Zellinhalts bedarf es, um der Außenwelt Wasser abzugewinnen. Bei der unverletzten Pflanze sind es vornehmlich die Wurzelhaare (s. o. Fig. 97), durch welche das Wasser den Weg in die Pflanze nimmt. Bei Wüstenpflanzen erreicht in ihnen der osmotische Druck die stattliche Höhe von 100 und mehr Atmosphären.

Viele niedere Pflanzen zeichnen sich durch hohe Anpassungsfähigkeit gegenüber dem osmotischen Drucke aus. Durch Kultur auf Lösungen von hoher osmotischer Wirksamkeit kann man Schimmelpilze dazu bringen, den osmotischen Druck ihres Zellinhalts auf 200 Atm. zu steigern. Das Blut der höheren Tiere dagegen bleibt — auch bei wechselndem osmotischem Wert der Nahrung und des die Tiere umspülenden Mediums — nahezu konstant ($\Delta = 0{,}56$). —

Bei der Plasmolyse behält das Zellulosegehäuse — abgesehen von der Verkleinerung des Volumens, die bei der Entspannung der Membran eintreten muß (Fig. 112a und b) — seine ursprüngliche Form. Der zwischen der Zellhaut und der Hautschicht des kontrahierten Protoplasten befindliche Raum wird von dem durch die Membran einströmenden Plasmolyticum erfüllt.

Verlieren dagegen die Zellen durch Verdunstung beträchtliche Anteile ihres Wassergehalts, so sinkt bei vielen zartwandigen Zellen die Membran ein, indem sie der schwindenden Masse des wässerigen Zelleninhalts folgt. Die Zelle wird also stark deformiert. Das Leben des Zelleninhalts ist für Vorgänge dieser Art bedeutungslos. Die gleichen Vorgänge spielen sich ab, wenn der wässerige Inhalt toter Zellen schwindet und die Membran in der einen oder andern Weise einsinken läßt. Auch tote Zellen können daher die beschriebenen Deformationen und die mit ihnen verbundenen Bewegungen (sog. Kohäsionsbewegungen) beliebig oft ausführen, wenn sie ihr Wasser abzugeben genötigt werden und von neuem mit Wasser sich zu füllen Gelegenheit haben. —

Von der spontanen Wasserabgabe seitens der Zellen wird später (s. Guttation) zu sprechen sein.

Die hier für die Pflanzenzelle erörterten Begriffe der Turgeszenz usw. sind auch in der Physiologie der tierischen Zellen und Gewebe geläufig. Die Natur der tierischen Zelle bringt es aber mit sich, daß ihr gegenüber jene Begriffe nicht so klar zu umschreiben sind wie in der Pflanzenphysiologie.

Tierische Gewebe nennt man turgeszent, wenn sie durch Wasserreichtum prall und elastisch geworden sind. Dieser Zustand kommt aber auch durch wässerige Exsudate, die zwischen den Zellen liegen, zustande.

Das Verhalten tierischer Zellen und Gewebe in hypertonischen und hypotonischen Lösungen entspricht dem der pflanzlichen Objekte und wird ebenfalls durch die Annahme einer Hautschicht erklärt, die zu Lebzeiten semipermeabel, nach dem Tode permeabel schlechthin ist (Verhalten der Blutkörperchen, lebender und toter Froschmuskeln in Salzlösungen usw.).

Quellung der toten Zellenbestandteile. — Auch die toten Anteile der Zelle — Zellwand, Stärkekörner usw. — sind befähigt, Wasser in sich aufzunehmen und hierbei an Volumen zu gewinnen, d. h. zu quellen. Zellwand wie Stärkekörner sind begrenzt quellbare Gebilde, d. h. ihrer Wasseraufnahme sind Grenzen gezogen.

Bei manchen Stärkearten führt Quellung nach Wasserzufuhr zu Spannungen und zur Bildung von Rissen und Spalten (s. o. Fig. 75), da die Einlagerung von Wassermolekeln zwischen die Stärketeilchen nicht nach allen Richtungen des Raumes gleich reichlich erfolgt. Stärkekörner, welche hohen Temperaturen oder der Wirkung von Ätzalkalien ausgesetzt sind, werden desorganisiert und ihre Materie hierbei zu unbegrenzter Wasseraufnahme befähigt, d. h. sie verquellen zu Stärkekleister; bei nachfolgender Wasserabgabe kommt die ursprüngliche Kornform nicht wieder zustande.

Die Quellbarkeit der Membranen ist bei Zellen verschiedener Art verschieden und äußert sich bei den nämlichen Zellen nach den verschiedenen Richtungen des Raumes ungleich stark. Holz quillt in der Richtung des Stammradius und der Tangente, aber nicht in der Richtung der Stammlängsachse.

Sind am Aufbau eines Organs Zellen mit ungleich quellbaren Membranen beteiligt, so können bei Wasserzufuhr oder Wasserverlust durch Quellung bzw. Schrumpfung Bewegungen nach demselben Prinzip zustande kommen wie bei den primitiven Wärmemessern, die aus zwei Metallstreifen ungleichen Ausdehnungsvermögens bestehen. Die durch wechselnden Wassergehalt der Membranen bedingten Formveränderungen und Bewegungen werden als hygroskopische bezeichnet. Beim Öffnen reifer Kapselfrüchte sind solche im Spiele, ferner bei den schraubigen Drehungen, die die Teilfrüchtchen des Reiherschnabels beim Trocknen ausführen (Fig. 114) und bei vielen anderen Objekten.

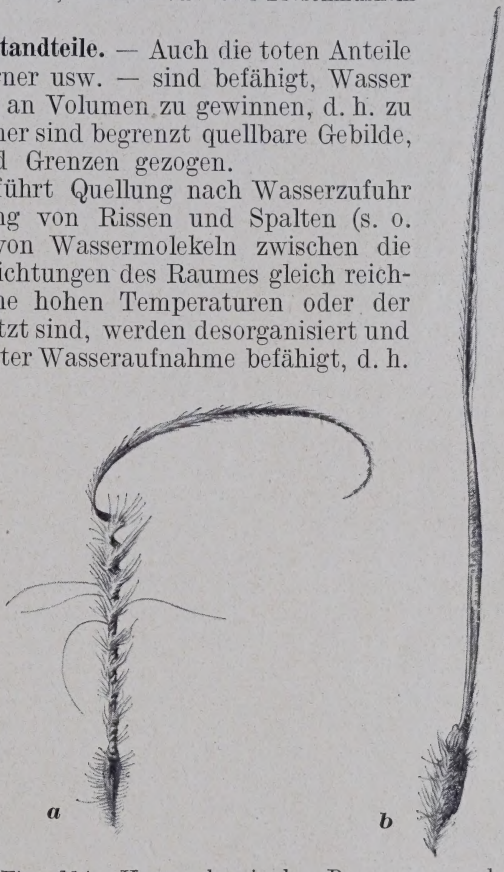


Fig. 114. Hygroskopische Bewegungen der Teilfrüchtchen des Reiherschnabels (*Erodium*). *a* Fruchtschnabel in trockenem, schraubig gedrehtem Zustand, *b* derselbe nach Wasserzufuhr und Streckung.

Stoffaufnahme. — Zur Aufnahme ungelöster Nahrung sind nur nackte Zellen — Flagellaten, Plasmodien der Myxomyzeten — befähigt. Im übrigen setzt die Einwanderung irgendeines Stoffes von der Außenwelt in

die Pflanzenzelle steht voraus, daß er in gelöster Form vorliegt, daß Zellulosemembran und Protoplasmahautschicht für ihn permeabel sind, und daß er außerhalb der Zelle in höherer Konzentration vorliegt als in dieser. Die Stoffaufnahme erfolgt auf dem Wege der Diffusion: Stoffe, welche die Zellhaut und die Hautschicht des Protoplasmas permeïeren können, werden so lange in das Innere der Zelle wandern, bis innen und außen die gleiche Konzentration vorliegt.

Die Membran ist im allgemeinen für alle gelösten Stoffe leicht zu passieren; das semipermeable Protoplasma hingegen hält sehr viele zurück oder läßt sie doch nur in großer Langsamkeit ins Innere der Zelle gelangen. Da die Protoplasten verschiedener Pflanzen sich in ihrer Durchlässigkeit verschieden verhalten, erklärt es sich, daß verschiedene Pflanzen aus der gleichen Stoffmischung sich in verschiedener Weise versorgen, und daß die eine Pflanze diese, eine andere jene Stoffe reichlich in sich gelangen läßt.

Den Gesetzen der Diffusion zu widersprechen scheint die Tatsache, daß viele Pflanzen bestimmte Stoffe selbst sehr schwachen Lösungen in auffallender Reichlichkeit zu entnehmen imstande sind. Diese Stoffspeicherung wird am besten durch das Verhalten der Pflanzenzellen in Farbstoffsolutionen erklärt. Sehr viele Pflanzenzellen vermögen aus Lösungen von Methylenblau, Neutralrot und anderen basischen Farbstoffen selbst dann sehr große Mengen aufzunehmen, wenn die Lösungen sehr dünn sind — so dünn, daß sie selbst in 5 bis 10 cm dicker Schicht dem Auge farblos erscheinen; die Zellen färben sich in ihnen binnen weniger Stunden dunkelblau oder tiefrot (intravitale Färbung der Zellen). Die Diffusion erlaubt zwar zunächst — da außerhalb der Zelle eine sehr geringe Konzentration vorliegt — nur eine ganz bescheidene Aufnahme des Farbstoffes; der Diffusionsprozeß kommt aber nicht so schnell zum Stillstand, da die geringe aufgenommene Farbstoffmenge in der Zelle sogleich gebunden und in gerbsaures Methylenblau oder ähnliche Verbindungen übergeführt wird, so daß für den Farbstoff selbst das ursprüngliche Konzentrationsgefälle erhalten bleibt.

Ähnliche Vorgänge wie bei der intravitalen Färbung der Zellen durch Anilinfarben sind auch bei Aufnahme lebenswichtiger Stoffe und bei ihrer Wanderung von Zelle zu Zelle im Spiele, z. B. wenn diffusibler Zucker in nicht diffundierende Stärke verwandelt wird, und Kohlehydrate in Form der letzteren gespeichert werden — oder wenn Meeresalgen aus dem sie umspülenden Medium große Mengen von Jod aufnehmen und in sich magazinieren. —

Auf die Frage nach den Gesetzen, welche über die Permeïerfähigkeit eines Stoffes entscheiden, hat die Zellenforschung bisher noch keine in jeder Richtung befriedigende Antwort gefunden.

Bedeutungsvoll ist ohne Zweifel vor allem die Größe der Teilchen oder der Grad der Dispersität, in dem ein Stoff vorliegt und die Zelle umgibt: je kleiner die Teilchen, um so leichter die Aufnahme.

Andere Forscher legen den Nachdruck auf die Rolle, welche die Plasmahaut als Lösungsmittel gegenüber den ihr zugeführten Substanzen spielt; nur diejenigen Stoffe, die sich in ihr lösen, vermögen in die Zelle zu permeïeren. Da nun eine sehr große Zahl permeïerender Stoffe zugleich lipoidlöslich ist, hat man angenommen, daß die Plasmahaut mit einem fettartigen „lipoiden“ Stoff ausgestattet sei, dessen Gegenwart und lösende Wirkung über Aufnahme und Nichtaufnahme eines Stoffes entscheiden (Lipoidtheorie).

2. Baustoffwechsel.

Als **Stoffwechsel** bezeichnet man die Summe aller chemischen Prozesse, die in jedem tierischen oder pflanzlichen Organismus sich abspielen.

Baustoffwechsel ist diejenige Form des Stoffwechsels, durch welche die einem Organismus von der Außenwelt gelieferten Stoffe chemisch verarbeitet und zu Bestandteilen des Tier- und Pflanzenkörpers gemacht werden.

Als Betriebsstoffwechsel werden diejenigen Prozesse zusammengefaßt, welche durch Spaltung und Oxydation der Nahrungsstoffe oder der aus diesen hergestellten Stoffe des Organismus selbst diesem die nötige Energie liefern. Von ihm wird später zu sprechen sein.

Die Gesamtheit der toten und lebendigen Substanz, aus welcher sich ein Organismus aufbaut, ist das Produkt des Baustoffwechsels; seiner Beurteilung hat die chemisch-analytische Prüfung der Körpersubstanz eines Organismus vorauszugehen.

Chemische Zusammensetzung des Pflanzenkörpers. — Die chemische Analyse der Pflanzen ergibt, daß am Aufbau ihrer Körper regelmäßig folgende zehn Elemente beteiligt sind:

C, O, H, N, S, P, K, Ca, Mg und Fe.

Dazu kommen in vielen Fällen noch als weitere Anteile

Cl, Na, Si

und viele andere hinzu, deren Bedeutung aber hinter der unserer zuerst genannten Dekade schon deswegen zurückbleibt, weil sie nur bei manchen Pflanzen oder nur unter bestimmten Umständen, d. h. bei Bewohnern bestimmter Bodenarten gefunden werden. Sie können also nicht die Bedeutung unbedingt erforderlicher und allgemein unentbehrlicher Stoffe für sich in Anspruch nehmen.

Die chemische Analyse bestätigt die von der mikroskopischen aufgedeckte prinzipielle Übereinstimmung zwischen Tier- und Pflanzenkörper: dieser wie jener bestehen aus denselben Elementen; allerdings spielen beim Körper der höheren Tiere noch Cl und Na und wohl auch Si die Rolle unentbehrlicher Elemente. Die Frage nach der Unentbehrlichkeit bestimmter Elemente ist für die höheren Tiere freilich nur außerordentl ch schwer zu beantworten, da der Umfang der ihnen eigenen, für lange Zeiten ausreichenden Stoffdepots zu langfristigen Versuchen zwingt und die Beurteilung der Ergebnisse sehr erschwert.

Herkunft der erforderlichen Stoffe. — Die von dem Pflanzenkörper benötigten Stoffe entstammen zum Teil dem Substrat der Pflanzen, dem Erdreich — zum Teil der Atmosphäre.

Schwefel, Phosphor, Kalium, Kalzium, Magnesium und Eisen, sowie vor allem der Stickstoff, werden hauptsächlich in Form von Sulfaten, Phosphaten und Nitraten dem Boden entnommen.

Die Atmosphäre liefert an Tier- und Pflanzenwelt den Sauerstoff, außerdem Stickstoff an eine geringe Zahl niederer Lebewesen, welche elementaren N zu verarbeiten imstande sind, sowie den Kohlenstoff in Form von Kohlensäure: die grünen Pflanzen sind imstande, die Kohlensäure der Luft zu verarbeiten und ihren C-gehalt bei der Synthese komplizierter organischer Verbindungen zu verwerten; die chlorophyllfreien Pflanzen dagegen beanspruchen die Zufuhr organisch gebundenen Kohlenstoffs durch das Substrat.

Die Nährstoffansprüche der Pflanzen werden mit Hilfe der künstlichen Kultur, d. h. der Züchtung eines pflanzlichen Organismus auf einem nach Qualität und Quantität genau bekannten Substrat geprüft.

Die künstliche Kultur grüner Pflanzen ergibt, daß diese mit einer Lösung, welche K, Ca und Mg in Form von Nitraten, Sulfaten und Phosphaten nebst Spuren von Fe enthält, und mit Hilfe der in der Luft ihnen zugeführten Kohlensäure auskommen, Blüten tragen und Früchte reifen. Chlorophyllfreie Organismen dagegen beanspruchen eine Nährlösung, die Kohlenstoff in organischer Bindung — in Form von Kohlehydraten, Alkoholen, organischen Säuren usw., enthält; ihren Ansprüchen an Stickstoff genügen entweder dieselben Nitrate, welche die höheren Pflanzen fordern, oder organisch gebundener N (Aminoverbindungen, Pepton, Eiweiß).

Salzstoffwechsel. — Ebenso wie die Tiere bedürfen die Pflanzen zu ihrem Gedeihen ständiger Salzzufuhr.

Obschon der Organismus der Pflanzen auch in den Fragen des Salzstoffwechsels dem Experiment besser zugänglich ist als der der höheren Tiere, sind wir über das Schicksal, das die Salze im Körper der Pflanze erfahren, und die Rolle, die sie in ihm spielen, erst sehr unvollkommen informiert. Gleichwohl vermag vielleicht manches von dem, was das pflanzenphysiologische Experiment über die Bedeutung der Salze gelehrt hat, schon jetzt Fingerzeige zu geben zur Beurteilung der Rolle, welche die Salze im Organismus der höheren Tiere spielen.

Zunächst steht fest, daß die Salze ihre Bedeutung vor allem durch ihre chemischen Eigenschaften, weniger durch osmotische Werte bekommen.

Hieraus ergibt sich, daß die Salze nur in seltenen Ausnahmefällen sich gegenseitig vertreten können, der Organismus vielmehr eine Salzmischung von bestimmter Zusammenstellung beansprucht.

Die Salzzufuhr darf nicht unter ein bestimmtes Minimum sinken. Das an Gesamtzufuhr von Salzen beanspruchte Quantum ist größer als die Summe der Spezialminima, d. h. derjenigen Mengen, die als Minimum für ein bestimmtes Salz gefordert werden.

Der Wert der Salzmischung liegt namentlich auch darin, daß bei ihrer Anwendung die von bestimmten Salzen ausgehenden schädigenden Wirkungen durch andere gleichzeitig dargebotene aufgehoben werden. Ist das Mischungsverhältnis derartig, daß für eine bestimmte Zellenart keinerlei Giftwirkungen mehr von den Salzen ausgehen, so nennt man die Lösung eine für jene Zellenart ausgeglichene oder ausbalancierte. Das Meerwasser ist für die in ihm lebenden Organismen eine ausbalancierte Nährlösung.

Mechanische Bedeutung wie im Tierkörper (Knochen, Hautskelett der Krustazeen) haben die aufgenommenen Kalziumsalze für den Pflanzenkörper nur ausnahmsweise (Ca CO_3 im Kernholz der Ulme u. ähnl.). —

Kohlenstoffassimilation. — Die grünen Pflanzen besitzen die Fähigkeit, aus CO_2 und H_2O bei Einwirkung von Licht komplizierte organische Verbindungen, vor allem Stärke, herzustellen. Wir bezeichnen den Prozeß als Kohlenstoffassimilation oder als Assimilation schlechthin oder — mit Rücksicht auf die entscheidende Bedeutung des Lichtes — als Photosynthese.

Die Bedeutung des Vorganges für den Haushalt der Pflanzenwelt und für den Gesamtstoffwechsel der Organismenwelt überhaupt kann nicht hoch genug eingeschätzt werden. Die Photosynthese der grünen Pflanzen

ist der einzige Prozeß, durch welchen in großem Maßstab organische Verbindungen aus anorganischen hergestellt werden können. Nur die grünen Pflanzen sind daher autotroph in dem Sinne, daß sie durch eigene synthetische Arbeit ihren Bedarf an organischen Verbindungen selbst herstellen. Alle andern Lebewesen — die chlorophyllfreien Pflanzen und die gesamte Tierwelt — sind heterotroph und zehren direkt oder indirekt von der organischen Substanz, die die autotrophen Organismen hergestellt haben. Von einigen Ausnahmen wird später zu sprechen sein.

Die Kohlenstoffassimilation der grünen Pflanzen nimmt ferner dadurch eine besondere Stellung ein, daß sie den einzigen bisher bekannten biochemischen Prozeß darstellt, bei welchem das Licht als Energiequelle dient und nicht nur reaktionsbeschleunigende Wirkung hat, wie bei vielen Lebensvorgängen der Pflanzen und Tiere.

Chemismus der Photosynthese. — Aus Kohlendioxyd und Wasser entstehen auf Wegen, die uns im einzelnen nicht bekannt sind, Zucker und Stärke. Sauerstoff wird frei. Eine Gleichung, durch welche man sich den photosynthetischen Prozeß anschaulich machen kann, lautet:

$$6\ CO_2 + 6\ H_2O = \underset{\text{Traubenzucker}}{C_6H_{12}O_6} + 6\ O_2.$$

Bei günstigen Objekten läßt sich schon nach wenige Minuten währender Sonnenlichtbestrahlung das Erscheinen kleiner Stärkekörnchen, der ersten sichtbaren Assimilate, in den Chlorophyllkörnern konstatieren.

Den Stärkegehalt assimilierender Blätter makroskopisch zu erkennen gelingt mit Hilfe der Sachsschen Jodprobe: assimilierende stärkehaltige Spreitenstücke färben sich — nachdem man durch Alkohol ihren Chlorophyllgehalt beseitigt hat — mit Jodjodkalium blauschwarz; nicht assimilierende und daher stärkefreie Teile des Blattes, z. B. solche, die man durch Verdunkelung an der Photosynthese gehindert hat, geben mit Jod Gelb- oder Braunfärbung.

Fig. 115. Kohlenstoffassimilation: von den unter Wasser assimilierenden Trieben steigen Sauerstoffblasen auf, die von einem Trichter in ein Reagenzglas geleitet werden.

Über die Entbindung von Sauerstoff informiert am besten die Beobachtung grüner Wasserpflanzen: abgeschnittene, unter Wasser assimilierende Sproßspitzen der Wasserpest (*Helodea*) lassen von ihren Schnittflächen Bläschen aufsteigen, die man mit Hilfe eines Trichters leicht sammeln kann (Fig. 115): das aufgefangene Gas gibt die Reaktionen des Sauerstoffs. Schüttet man in das die assimilierenden Zweige enthaltende Gefäß eine Probe faulenden Blutes und schmilzt den Behälter luftdicht zu, so gibt ihr Inhalt zunächst noch das Spektrum des Oxyhämoglobins, bis die Fäulnisbakterien und die Wasserpflanzen allen Sauerstoff verbraucht und das Oxyhämoglobin in Hämoglobin verwandelt haben: nach Belichtung

verschwindet das charakteristische Absorptionsspektrum des Hämoglobins, und das des Oxyhämoglobins wird wieder hergestellt.

Wenn auch die Chlorophyllkörner die Stätten der photosynthetischen Stärkebereitung sind, so genügen anscheinend doch ihre Bestandteile — Stroma und Pigment — nicht zur Verwirklichung der Synthese; vielmehr scheint noch ein im Protoplasma tätiges Ferment erforderlich zu sein.

Mit der Temperatur steigt die Assimilationstätigkeit, da die Wirksamkeit des Fermentes durch sie gefördert wird.

Niemals wird Photosynthese in Zellen beobachtet, welchen Chlorophyll fehlt; wohl aber kommt es vor, daß chlorophyllhaltige Zellen zur Assimilation nicht fähig sind — vermutlich deswegen, weil das wirksame Ferment ihnen abgeht.

Je stärker das auf grüne Blätter strahlende Licht, um so ergiebiger die Assimilation. Der Satz gilt freilich zunächst nur für die im Sonnenlicht gegebene Strahlenmischung. Nicht bei allen Wellenlängen vermögen die Zellen gleich stark zu assimilieren. Ein Maximum der Assimilationstätigkeit liegt im roten Licht (von 620 $\mu\mu$ Wellenlänge bis Ultrarot exkl.), ein zweites Maximum im blauen Abschnitt des Spektrums (524 $\mu\mu$ bis Ultraviolett exkl.). Grünes Licht wirkt begreiflicherweise auf die Photosynthese sehr viel schwächer, da es von den Chlorophyllkörnern fast vollkommen durchgelassen wird.

Selbst sehr geringe Lichtmengen genügen bereits, um Assimilationstätigkeit anzuregen. Man hat sich mit Erfolg des entbundenen Sauerstoffs bedient, um sehr bescheidene Assimilationsleistungen noch erkennbar zu machen. Es genügt, eine sauerstoffreie, mit Leuchtbakterien gemischte Algenkultur aus 10 cm Entfernung eine Sekunde lang mit einem Streichholz zu beleuchten, um die wegen Sauerstoffmangel bis dahin lichtlosen Leuchtbakterien aufleuchten zu lassen.

Unter günstigen äußeren Umständen können in einer Stunde von 1 qm Blattfläche 0,5—1 g Assimilate (Trockensubstanz) durch Photosynthese geliefert werden.

Daß trotz dem bescheidenen Gehalt der Atmosphäre an CO_2 (ca. 0,03 %) so beträchtliche Mengen von Assimilaten entstehen können, hilft der Bau der assimilierenden Organe erklären, welcher durch eine sehr große Zahl dicht nebeneinander liegender Poren (Spaltöffnungen, Fig. 96) dem atmosphärischen Gasgemisch den Zutritt zu den photosynthetisch tätigen Zellen des Mesophylls gewährt, ferner der Umstand, daß die grünen Blätter sehr reichlich Kohlensäure zu absorbieren vermögen. Die Dichtigkeit, in der sich die Spaltöffnungen über die Blattflächen verteilt finden, ist bei manchen Arten ganz enorm. Bei *Brassica rapa* z. B. werden über 700 Öffnungen auf dem qmm gezählt. Die Gasdiffusion wird durch solche Dichtigkeit dermaßen gefördert, daß die Epidermis kaum noch ein Hindernis für den Gasaustausch zwischen Außenwelt und Interzellularraumsystem bedeutet. —

Nicht alle Zellen der autotrophen Pflanzen nehmen an der Kohlenstoffassimilation teil: ausgeschlossen sind nicht nur die in Dunkelheit lebenden Wurzeln, Rhizome usw., sondern auch diejenigen Zellen der oberirdischen Organe, welche — wie die Epidermis, die Vegetationspunkte u. a. — nicht mit Chlorophyll ausgestattet sind. Diese müssen also an den Produkten der von den grünen Zellen geleisteten Arbeit in irgendeiner Weise beteiligt werden. Das geschieht durch Ableitung der in den assimilierenden Zellen entstan-

denen Kohlehydrate: die während der hellen Tagesstunden entstandene Stärke wird durch ein Ferment, die Diastase, verzuckert und damit in eine diffusible Verbindung übergeführt, welche die assimilierende Zelle zu verlassen imstande ist. Die Stoffentleerung, welche assimilierende Spreiten während der Nacht erfahren, ist beträchtlich: Blattgemüse, die am Abend geschnitten werden, sind daher erheblich kohlehydratreicher als die am Morgen, d. h. vor Beginn der Assimilationszeit geernteten.

Fett ist bei Vertretern aller Klassen des Pflanzenreichs anzutreffen. Es gibt vielleicht keine Pflanzenzelle, die nicht wenigstens bescheidene Mengen von Fett enthielte.

Ob Fett unmittelbar als Produkt der Kohlenstoffassimilation entstehen kann, mag dahingestellt bleiben. Die Umwandlung der sauerstoffreichen Kohlehydrate in sauerstoffarmes Fett ist ein überall im Pflanzenkörper sich abspielender Prozeß; die Fähigkeit zu ihm haben die Pflanzen mit vielen höheren Tieren gemeinsam. Auch die Rückverwandlung von Fett in Kohlehydrate ist der Pflanze möglich; ihr entspricht im tierischen Körper die Verwandlung von Fett in Glykogen.

Kohlenstoffassimilation ohne Chlorophyll. Einige Bakterien machen eine Ausnahme von der Regel, daß Kohlenstoffassimilation an das Chlorophyll gebunden und nur bei Belichtung möglich sei.

Kohlensäure (CO_2) kann von verschiedenen Bakteriengruppen assimiliert werden. Besonderes Interesse durch ihren Stoffwechsel beanspruchen die im Boden lebenden Nitrifikationsbakterien, welche CO_2 bei dauerndem Lichtabschluß und ohne Verwertung der Lichtenergie zu assimilieren imstande sind. Von ihren Beziehungen zum Stickstoff und der Quelle, aus der sie die zur C-Assimilation erforderliche Energie schöpfen, wird später zu sprechen sein.

Elementarer Kohlenstoff (amorphe Kohle) wird nur von wenigen Bakterien assimiliert.

Stickstoffassimilation. — Die komplizierteste Stickstoffverbindung, die wir im Tier- und Pflanzenkörper antreffen, und gleichzeitig die in ihm am reichlichsten auftretende ist das Eiweiß.

Chemische und physiologische Erwägungen führen zu der Annahme, daß wohl bei allen Organismen die Synthese des Eiweiß auf dem Wege über die Aminosäuren erfolgt, von welchen ungefähr achtzehn im Eiweißmolekül miteinander verbunden sind.

In ihrer Befähigung zur Eiweißsynthese unterscheiden sich die Organismen dadurch, daß einige aus anorganisch gebundenem oder sogar aus elementarem Stickstoff nebst Kohlehydraten unter Zuhilfenahme von Sulfaten und Phosphaten Aminosäuren und aus diesen Eiweiß aufbauen können. Andere beanspruchen mehrere oder wenigstens eine Aminosäure bzw. deren Amide. Noch andere fordern alle oder fast alle Aminosäuren, die bei Abbau und Aufspaltung der Eiweißverbindungen entstehen.

Zur letzten Gruppe gehören die Tiere. Die Pflanzen verhalten sich in ihrem Stickstoffchemismus außerordentlich verschieden. —

Praktisch am bedeutungsvollsten ist derjenige Typus der Stickstoffassimilation, bei welchem salpetersaure Salze verarbeitet werden.

Über den Chemismus dieser Synthese ist noch weniger bekannt als über die Einzelheiten des photosynthetischen Prozesses. Vermutlich geht ihr ein Reduktionsprozeß voraus, der aus der — in Form von Kalium- oder Kalziumsalzen aufgenommenen — HNO_3 Ammoniak entstehen läßt. Aus

diesem bildet die Pflanze auf unbekanntem Wege Aminosäuren. Durch Polymerisation der letzteren entsteht vermutlich das Eiweißmolekül.

Die Eiweißsynthese ist nicht wie die Kohlenstoffassimilation an bestimmte Zellenorgane gebunden, vielmehr überall im pflanzlichen Protoplasma möglich; sie wird in belichteten und unbelichteten, in grünen wie in farblosen Zellen vollzogen. Die von den Wurzeln aufgenommene HNO_3 wird offenbar schon in diesen selbst verändert; nur ausnahmsweise wie in manchen Blattgemüsen (*Chenopodium*, *Urtica*), in den Halmen der Getreidepflanzen, dem Kraut der Kartoffel usw. ist noch reichlich HNO_3 nachzuweisen.

Die Assimilation des Nitratstickstoffs ist auch vielen heterotrophen Pflanzen, vielen Pilzen und Bakterien, möglich; sie bauen ihr Eiweiß aus jenem, aus schwefel- und phosphorsauren Salzen und den von der Außenwelt gelieferten Kohlehydraten auf.

Vom Ammoniak ließe sich vermuten, daß von ihm aus die Herstellung der NH_2-Verbindungen verhältnismäßig leicht durchzuführen wäre. Tatsächlich sind aber Ammoniak und Ammoniaksalze als Stickstoffquelle den Nitraten im allgemeinen keineswegs überlegen, oft von geringerem Wert als diese und zuweilen sogar schädlich.

Eine ausgezeichnete N-Quelle ist Ammoniak für die Hefen. Werden ihnen Aminosäuren oder deren Amide als stickstoffhaltige Nahrung geboten, so spalten sie diese in Ammoniak und Amylalkohol. Nur jenes wird von den Hefen bei der Stickstoffassimilation verwertet; den Amylalkohol, der als „Fuselöl" in geistigen Getränken seine Rolle spielt, läßt die Hefe unverändert.

Assimilation des elementaren Stickstoffs ist das Vorrecht einiger Bakterien- und Pilzarten. Bedeutungsvoll vor allem ist die Assimilation des atmosphärischen Stickstoffs durch wasser- und bodenbewohnende Bakterien, *Clostridium Pasteurianum*, *Azotobacter chroococcum* und das mit den Wurzeln der Leguminosen symbiotisch vereinigte *Rhizobium radicicola* (s. u.).

Über den Chemismus der durch sie bewirkten Synthese ist nichts bekannt.

Organismen, die mit Aminosäuren ihr Stickstoffbedürfnis optimal decken, finden sich unter den Schimmelpilzen; viele Bakterien schließlich beanspruchen Peptone und Albumine.

Außer Eiweiß enthält die Pflanzenzelle noch mit den Lezithinen stickstoffhaltige, organische Verbindungen. Die Lezithine sind weit, vielleicht allgemein im pflanzlichen Protoplasma verbreitet.

Heterotrophe Pflanzen. — Heterotroph hinsichtlich ihres C-Bedarfs sind alle nichtgrünen Pflanzen (s. o.), heterotroph hinsichtlich der N-Gewinnung alle diejenigen, welche, wie die zuletzt genannten Pflanzengruppen, organisch gebundenen Stickstoff beanspruchen.

Unter den Heterotrophen sind mehrere ernährungsphysiologisch gut gekennzeichnete Gruppen zu unterscheiden.

Parasiten nennt man diejenigen Lebewesen, die ihren Bedarf an organischer Materie andern noch lebenden — tierischen oder pflanzlichen — Organismen entnehmen. Namentlich unter den chlorophyllfreien Gewächsen finden sich viele parasitisch lebende (Bakterien, Pilze); grüne Pflanzen werden dann, wenn sie ihre synthetische Tätigkeit mit mehr oder minder ergiebiger Ausnutzung anderer Pflanzen kombinieren, zu Halbparasiten.

Über die Biologie der Parasiten und den Charakter der durch sie hervorgerufenen Infektionskrankheiten ist Kapitel V zu vergleichen.

Organismen, welche tierischen oder pflanzlichen Leichen oder den Abfällen der Tiere die nötigen organischen Verbindungen entnehmen, heißen Saprophyten. Bakterien, welche in faulenden Flüssigkeiten, Pilze, die auf toten Blättern oder Ästen usw. vegetieren, Hefen, welche auf Früchten oder in zuckerreichen Säften ihre Gärtätigkeit entfalten, sind Saprophyten. Alle Organismen, die bei künstlicher Kultur auf organischem Material gedeihen, führen auf diesem ein saprophytisches Dasein (Bakterien auf Fleischextraktgelatine, in Heudekokt, auf Blutagar usw.); auch Organismen, welche als pathogene, d. h. als krankheiterregende Parasiten bekannt sind, können im Laboratorium saprophytisch gezüchtet werden oder auch in der freien Natur — auf Mist, in jauchereichem Boden usw. — ein saprophytisches Leben führen.

Grüne Pflanzen bedürfen zwar nicht der Zuführung toter organischer Materie; viele von ihnen verschmähen solche aber keineswegs, wenn sie ihnen zugeführt wird (Düngung der Gemüse, Rieselfeldkultur): sie werden alsdann zu Gelegenheitssaprophyten, die durch üppiges Wachstum die rein autotroph lebenden Individuen gleicher Art bekanntlich übertreffen. Auch niedere Organismen verhalten sich so; es gibt grüne Algen und Flagellaten, welche organische Nahrung bereitwilligst aufnehmen; sie können bei ihr allmählich ihren Chloroplastenapparat verlieren und zu rein saprophytischer Lebensweise übergehen.

Hand in Hand mit sehr auffälligen morphologischen Eigentümlichkeiten gehen die ernährungsphysiologischen bei den Karnivoren oder den insektenfressenden Pflanzen, welche auf klebrigen Spreiten (*Drosera* s. o. S. 89, *Pinguicula*), in kannenartig geformten Blättern oder Blattteilen (*Nepenthes*, *Utricularia*) oder durch eigenartige Klappenapparate und Bewegungsmechanismen (*Dionaea* s. u.) Insekten und andere kleine Tiere zu fangen imstande sind und durch das animalische Material den Vorrat der autotroph hergestellten N-Verbindungen ergänzen. Aus Drüsen besonderer Art scheiden die genannten Pflanzen eiweißlösende oder proteolytische Fermente aus, durch welche in ganz ähnlicher Weise wie im Verdauungskanal der Tiere die Leichen der Insekten usw. verdaut werden. Die Insektivoren kommen auch ohne Fleischnahrung aus, zeigen aber mit solcher kräftigeres Wachstum.

Eine weitere mit eigenartigen gestaltenden Wirkungen verbundene ernährungsphysiologische Anpassung lernen wir in den Flechten (Lichenes) kennen. Bei diesen handelt es sich um die Vereinigung eines farblosen mit einem chlorophyllhaltigen, zur Photosynthese befähigten Organismus, — eines Pilzes mit einer Alge. Beide zusammen bilden den charakteristisch gestalteten Thallus der Flechte. Das Verhältnis des Pilzes zu den Algen ist als Parasitismus zu bezeichnen, der freilich niemals zur gänzlichen Unterdrückung des kohlehydratliefernden Wirtes führt. — Algen derselben oder ähnlicher Art, wie sie als sog. Gonidien im Fadengeflecht des Lichenenthallus liegen, können auch mit heterotrophen Organismen anderer Art zu festen, von einer Generation zur andern hinüberreichenden Verkettungen oder „Symbiosen“ sich verbinden: die grünen Protozoën enthalten in ihren Protoplasten kleine Grünalgen; *Hydra viridis* bekommt ebenfalls ihre Farbe durch grüne vegetabilische Symbionten, deren Wert für den Wirtsorganismus begreiflicherweise verloren geht, wenn ihrer photosynthetischen Tätigkeit durch Verdunkelung ein Ende gemacht wird.

Wichtige Symbiosen sind ferner diejenigen, in welchen einer der wenigen zur Assimilation des elementaren Stickstoffs befähigten Organismen sich mit einem andern zusammentut. Lange bekannt sind die knöllchenartigen Anschwellungen, die sich an den Wurzeln der Leguminosen finden: sie sind der Sitz dichter Bakterienscharen, die sich nach Infektion der Wurzel durch das im Boden weit verbreitete *Rhizobium radicicola* gebildet haben. Diese vermögen in die Wurzelhaare der Leguminosen und von diesen in die tiefer gelegenen Zellen der Wurzel einzudringen, welche durch die Bakterien zur Bildung kugliger Wucherungen angeregt werden. Die Leguminosen werden durch die Besiedelung mit *Rhizobium radicicola* in ihrer Entwicklung sehr gefördert, da dieses den freien N assimiliert, und ein großer Teil der Bakterien von den Leguminosen gelöst und verdaut wird.

3. Wasser- und Stoffleitung.

Als Leitungsbahnen dienen den Pflanzen die oben (S. 90 ff.) beschriebenen Leitbündel.

Schon der anatomische Befund macht den Physiologen auf einige wichtige Unterschiede aufmerksam, die zwischen den Leitungsbahnen der Pflanzen und den der höheren Tiere bestehen.

Den Leitungsbahnen der Pflanzen fehlt vor allem ein dem Herzen entsprechendes Zentralorgan. Es ist klar, daß infolgedessen auch der Mechanismus des Wasser- und Stofftransportes ein anderer sein muß als bei den höheren Tieren.

Die Leitungsbahnen der Pflanzen übertreffen die der Tiere durch die in ihnen durchgeführte Arbeitsteilung, indem für Wasser und die im Wasser gelösten Mineralstoffe und Zuckerarten andere leitende Elemente, Gefäße und Tracheïden, zur Verfügung stehen als für stickstoffhaltige Verbindungen, die in den Siebröhren geleitet werden. Die Verbreitung des Sauerstoffs zu allen Teilen des Pflanzenkörpers besorgt das System der Interzellularräume.

Ein weiterer wesentlicher Unterschied besteht darin, daß die in den Gefäßen und Tracheïden geleiteten Lösungen sich nur in einer Richtung bewegen, und ein Kreislauf fehlt.

Die Leitungsbahnen sind nirgends offen, sondern von der Außenwelt überall durch lebende Zellen getrennt.

Die Leitungsbahnen der Thallophyten unterscheiden sich von den der höheren Pflanzen vor allem durch den Mangel an Gefäßen.

Wo Leitungsbahnen durchaus fehlen, werden alle Aufgaben des Transportes durch zellulare Wasser- und Stoffwanderung erledigt. Während im Pflanzenreiche nur die niedersten Formen auf rein zellulare Leitung angewiesen sind, ist diese selbst bei so hoch organisierten Geschöpfen wie Zölenteraten, Plathelminthen usw. die einzige Form des Stofftransports.

Zellularer Stofftransport spielt auch bei den mit kompliziertem Leitungsbahnsystem ausgestatteten höheren Pflanzen noch eine Rolle, da durch ihn die zwischen benachbarten Leitungsbahnen liegenden Anteile zu versorgen sind. und Stoffe senkrecht zur Richtung der Leitungsbahnen (Markstrahlen im Holzkörper) befördert werden können.

Wasserleitung. — Das aus dem Erdreich von den Wurzelhaaren aufgenommene Wasser wandert in der Wurzel von Zelle zu Zelle bis zu den Gefäßen und steigt in diesen aufwärts, um das durch Verdunstung

abgegebene oder auf andere Weise verloren gegangene zu ersetzen oder bei Baustoffwechsel und Wachstum Verwendung zu finden.

Eine unter natürlichen Verhältnissen vegetierende Pflanze wird dauernd von einem aufsteigenden Wasserstrom durchspült, der um so lebhafter werden muß, je reichlichere Wassermengen die oberirdischen Organe an die Außenwelt abgeben. Diese Abgabe geschieht auf zwiefachem Wege — als Transpiration und als Guttation, d. h. als Verdunstung und als Ausscheidung tropfbar flüssigen Wassers.

Der Transpiration, d. h. dem Wasserverlust durch Wasserdampfabgabe, sind alle lebenden Pflanzenzellen ausgesetzt, deren Membranen aus dampfdurchlässiger Substanz bestehen. Die Ausbildung einer Kutikula an den Außenwänden der Epidermiszellen (s. o. S. 86) setzt die Transpiration stark herab; die Entwicklung starker Wachsauflagerungen, wie sie an manchen Früchten und Blättern zu finden sind, die Ausbildung kräftiger Korkmassen usw., vermindert sie noch mehr.

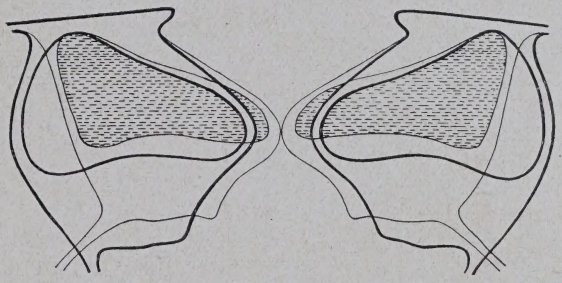


Fig. 116. Mechanismus der Spaltöffnungen: Querschnitt durch ein Schließzellenpaar in geöffnetem und geschlossenem Zustand. Auf der inneren d. h. der dem Spalt zugewandten Seite ist nur ein schmaler Streifen der Membran dünn, während auf der gegenüberliegenden äußeren Seite eine erheblich größere Membranfläche unverdickt geblieben ist. Das Lumen des in geschlossenem Zustand gezeichneten Zellenpaares ist durch Strichelung kenntlich gemacht. Nach Schwendener.

Wie die Zellen der Epidermis an die Außenwelt, so geben die im Innern eines Organs liegenden Zellen Wasserdampf an die Interzellularräume ab, so lange diese nicht völlig dampfgesättigt sind. Dieser Zustand tritt freilich nicht ein, so lange die Spaltöffnungen, mit welchen das System der Interzellularräume nach außen mündet, offenstehen und Wasserdampf aus dem Inneren der Organe in die Außenwelt entweichen lassen. Nach Schließung der Spaltöffnungen sättigt sich die in den Interzellularen enthaltene Atmosphäre mit Wasserdampf, und die Dampfabgabe seitens der Zellen wird sistiert.

In den Schließzellen besitzen die Pflanzen eine automatisch die Transpiration regulierende Einrichtung, da bei hohem Turgordruck, d. h. bei reichlicher Wasserversorgung die Schließzellen prall gefüllt sind und infolge eigenartiger Membranverdickungen, durch welche sie an ihrer Innenseite weniger dehnbar werden als an der Außenseite, schwach sichelförmige Krümmung annehmen, so daß ein sehr feiner, nur wenige μ breiter Spalt zwischen ihnen klafft. Geht die Wasserversorgung und mit ihr der Turgordruck zurück, so werden die Schließzellen schlaff, geben dabei ihre bisherige Krümmung auf und legen sich fest aneinander an; der Spalt schließt sich also (Fig. 116).

Die Transpiration verschiedener Pflanzenteile ist verschieden — je nach dem Reichtum der Organe an Spaltöffnungen.

Die überaus große Zahl der auf den Blättern entwickelten Spaltöffnungen (s. o. S. 112) erklärt es, daß trotz der Feinheit ihrer Spalten sehr große Mengen von Wasserdampf durch sie den Pflanzenkörper verlassen können.

Man lasse einen beblätterten Zweig so, wie Fig. 117 es zeigt, in Flüssigkeit tauchen; in einem seitlichen Tubus der Flasche ist eine Kapillare eingelassen, hinter der man eine Skala anbringt, um ablesen zu können, wieviel Teilstriche der die Kapillare füllende Flüssigkeitsfaden zur Flasche hin sich zurückzieht, wenn die transpirierende Pflanze Wasser verbraucht und aus der Flasche nachsaugt. Die Transpiration wird um so energischer sein, die Verkürzung des Wasserfadens um so schneller vor sich gehen, je trockener die Luft ist, oder je schneller durch Bewegungen der die Pflanze umgebenden Luft der aus den Spaltöffnungen austretende Wasserdampf fortgeweht und immer wieder durch wasserdampfarme Luft ersetzt wird. Wir bezeichnen den in der Pflanze aufsteigenden Wasserstrom, der durch die Transpiration in Bewegung gesetzt wird und ihren Fortgang ermöglicht, als den Transpirationsstrom.

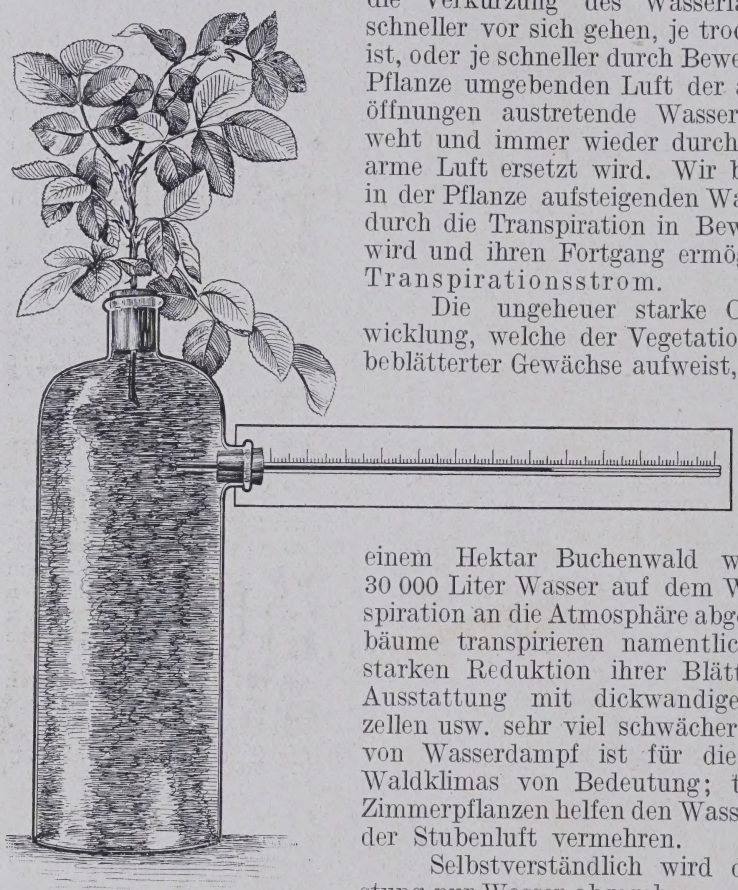


Fig. 117. Messung der Transpiration mit Hilfe des Potetometers.

Die ungeheuer starke Oberflächenentwicklung, welche der Vegetationskörper reich beblätterter Gewächse aufweist, läßt die Transpiration namentlich bei den Laubbäumen sehr hohe Werte erreichen. In einem Hektar Buchenwald werden täglich 30 000 Liter Wasser auf dem Wege der Transpiration an die Atmosphäre abgegeben; Nadelbäume transpirieren namentlich infolge der starken Reduktion ihrer Blätter und ihrer Ausstattung mit dickwandigen Epidermiszellen usw. sehr viel schwächer. Die Abgabe von Wasserdampf ist für die Eigenart des Waldklimas von Bedeutung; transpirierende Zimmerpflanzen helfen den Wasserdampfgehalt der Stubenluft vermehren.

Selbstverständlich wird durch Verdunstung nur Wasser abgegeben — alle im Wasser gelösten Bestandteile verbleiben in der Pflanze. Anders verhält es sich in diesem Punkte mit der Abscheidung tropfbar flüssigen Wassers.

Guttation. — Während im Tierreich die ständige Ausscheidung tropfbar flüssiger Materie die Rolle eines hervorragend wichtigen Prozesses spielt, ist seine Bedeutung im Pflanzenreich eine recht bescheidene.

Unter den pflanzlichen Protisten finden sich solche mit pulsierender Vakuole, d. h. in dem Protoplasmaleib der Zellen sammelt sich ein Flüssigkeitsbläschen, das sich mehr und mehr vergrößert, schließlich seinen Inhalt nach außen entleert und hiernach sich von neuem durch dauernde Wasserabgabe seitens des Protoplasmas vergrößert.

Bei den höheren Pflanzen spricht man von Guttation, wenn aus

besonderen wasserabgebenden Organen (Hydathoden) zumal an den Blättern Wasser abgegeben wird. Durch den Aggregatzustand des abgeschiedenen Wassers und durch die Lokalisation der Wasserabgabe an bestimmte drüsenartig funktionierende Zellengruppen wird die Guttation der Pflanzen der Perspiration des Menschen vergleichbar; die Bedeutung der Guttation für den Wasserhaushalt des Organismus scheint aber sehr viel geringer zu sein als die Bedeutung der Perspiration.

Je feuchter die umgebende Luft, desto länger bleiben die ausgeschiedenen Tröpfchen erhalten, desto besser wird die Guttation wahrnehmbar. Man kann diese daher am leichtesten an denjenigen Stunden des Tages beobachten, an welchen die Luft besonders reich an Wasserdampf ist. An den Blatträndern von *Impatiens*, *Alchimilla* u. a., an den Spitzen der Keimlinge von Gräsern (vgl. Fig. 118) ist die Tropfenabscheidung sehr deutlich. Bei *Colocasia nymphaeifolia* kann jedes Blatt in einer Nacht etwa 100 g liefern; diese und andere Pflanzen lassen leicht erkennen, daß die Ausscheidung ebenso rhythmisch erfolgt wie etwa die Harnabgabe seitens der Uretheren; der Rhythmus läuft zu verschiedenen Tageszeiten in verschiedenem Tempo ab — zeitweilig so schnell, daß das Auge den einzelnen Tröpfchen kaum zu folgen vermag (2—3 Tropfen pro Sekunde).

Die ausgepreßte Flüssigkeit enthält im allgemeinen nur sehr geringe Mengen von Mineralbestandteilen und organischen Verbindungen. Sie unterscheidet sich hierin von den aus Wunden hervorgepreßten Flüssigkeiten („Blutung“, siehe V. Kapitel).

Fig. 118. Guttation. Keimling von *Zea mays*, an dessen Spitze die von der Pflanze ausgeschiedenen Wassertropfen sichtbar sind.

Wasserhebung. — Läßt man eine an beiden Enden offene Glasröhre unten in Quecksilber tauchen, und befestigt man oben luftdicht einen stark transpirierenden Zweig in ihr, so kann man (vgl. Fig. 119) das Quecksilber allmählich in der Röhre aufsteigen sehen und sich auf diese Weise die hebende Kraft der Transpiration veranschaulichen.

Unzweifelhaft spielt die Transpiration auch bei der Hebung des Wassers im unverletzten Pflanzenkörper eine große Rolle. Ob auch zur Hebung des Wassers in sehr hohen Gewächsen die Transpiration ausreicht, ist zweifelhaft. Bei der großen Kohäsion der Wassers kann man sich vorstellen, daß die durch die Transpiration bewirkte Saugung bis in die Wurzeln sich fortpflanzt und die Bewegung des Wassers von diesen bis zu den Spitzen der Zweige bewirkt. Diese Vorstellung macht freilich allerhand Hilfshypothesen notwendig, deren Berechtigung fraglich ist, so daß das Problem des „Saftsteigens“ noch als ungelöst bezeichnet werden muß; insbesondere ist die Frage, ob und in welcher Weise die lebendigen Anteile der Leitbündel an der Mechanik des Wasserhubs beteiligt sind, noch unbeantwortet.

Noch dunkler sind viele die Stoffwanderung betreffende Fragen.

Stoffleitung. — Ohne weiteres von Zelle zu Zelle transportabel sind leicht diffundierende Baustoffe der Pflanzenkörper wie der Traubenzucker; sie werden von Zelle zu Zelle geführt oder gelangen in die Gefäße, in welchen der Transpirationsstrom sie fortbewegt.

Fig. 119. Hebung des Wassers durch Transpiration.

Alle wasserunlöslichen Stoffe oder solche, deren Molekelgröße ihre Wanderung erschwert, müssen zunächst in leicht diffundierende übergeführt, müssen mobilisiert werden.

Stärke wird durch ein Ferment, Diastase, unter Wasseraufnahme (hydrolytische Spaltung) in Traubenzucker verwandelt:

$$(C_6H_{10}O_5)n + n\ H_2O = n\ C_6H_{12}O_6$$

(Stärke; Traubenzucker)

Auf der Oberfläche der Stärkekörner entstehen unter der Einwirkung des Fermentes Ätz- oder Korrosionsfiguren, die sich immer zahlreicher und tiefer in das Korn eingraben, bis es in kleine Stücke zerfällt, die von außen her sich weiterhin durch Lösung der Stärke verkleinern.

Das Polysaccharid Inulin, das namentlich bei vielen Kompositen die Stärke ersetzt, ist zwar wasserlöslich, erfährt aber gleichwohl eine Mobilisierung, welche seine großen Molekel in die kleineren eines Monosaccharids verwandelt; unter dem Einfluß eines inulinspaltenden Fermentes entsteht Lävulose.

Das Disaccharid Rohrzucker wird durch Invertin in Dextrose und Lävulose zerlegt.

Zellulose wird nur dann mobilisiert und zur Fortleitung geeignet gemacht, wenn sie als Reservezellulose deponiert worden ist (s. o. S. 95 und Fig. 93). Die zellulosespaltenden Zytasen verwandeln die Reservezellulose in Glukose und andere Hexosen.

Fette werden durch Lipasen in Fettsäuren und in Glyzerin gespalten.

Die Eiweißstoffe werden, um eine Zelle auf dem Wege der Diffusion verlassen zu können, durch proteolytische Fermente (Pepsine, Erepsine, Trypsine) über Albumosen und Peptone in Aminosäuren, in schwefel- und phosphorhaltige Verbindungen zerlegt. Eiweißverbindungen und ihre stickstoffhaltigen Abbauprodukte werden in den Siebröhren geleitet.

Die Vorgänge der Mobilisierung stimmen in allen wesentlichen Zügen mit den chemischen Veränderungen überein, welche Stärke, Rohrzucker, Eiweißstoffe usw. bei der Aufnahme in den Pflanzenkörper erfahren. So wie die Insektivoren das ihnen gebotene Eiweiß in leicht diffundierende Verbindungen verwandeln (s. o.), so werden — zumal von niederen Organismen — auch die von der Außenwelt ihnen gelieferte Stärke auf fermentativem Wege verzuckert, Rohrzucker gespalten usw.

Die in der Pflanze beobachteten Mobilisierungsvorgänge stimmen im wesentlichen durchaus mit den im Tierkörper beobachteten Abbauvorgängen (Spaltung der Fette, Verzuckerung des Glykogens) überein.

Mechanik der Stoffleitung. — Für den Transport derjenigen Stoffe, welche in die Gefäße gelangen und in ihnen geleitet werden (Zucker), gilt das über die Hebung des Wassers Gesagte.

Über die Mechanik der Eiweißleitung in den Siebröhren ist schlechterdings nichts bekannt.

Von der Bedeutung, welche die Umwandlung eines löslichen Stoffes in einen unlöslichen für die Stoffwanderung hat (Verwandlung von Zucker in Stärke oder Zellulose), war oben S. 108 bereits die Rede.

4. Betriebsstoffwechsel.

Zur Gewinnung der erforderlichen Energie stehen den Pflanzen zwei Wege offen, die Oxydation und die Spaltung geeigneter Stoffe. Da im Betriebsstoffwechsel zumeist die durch Assimilation entstandenen Stoffe in einfachere Verbindungen verwandelt werden, stellt man seine Prozesse als Dissimilation den Vorgängen der Assimilation gegenüber.

Oxydation. — Energiegewinnung durch Oxydation wird als Atmung bezeichnet. Der Prozeß spielt bei Organismen beider Reiche die gleiche Rolle. Leben, das durch die auf oxydativem Wege gewonnene Energie erhalten wird, heißt aërobes Leben.

Der zur Atmung benötigte Sauerstoff wird fast allen lebenden Zellen höherer Pflanzen durch das in die Außenwelt mit zahlreichen kleinen oder großen Öffnungen (Spaltöffnungen, Lentizellen) mündende System der Interzellularräume zugeführt. In gelöstem Zustand durchdringt er die Zellhaut und gelangt zum lebendigen Zellinhalt. Wasserpflanzen entnehmen dem Wasser den in ihm gelöst enthaltenen Sauerstoff und verwerten das in ihren oft sehr umfänglichen Interzellularräumen festgehaltene Gas. Ob die feine Aufspaltung und die starke Oberflächenentwicklung, die an den Blättern und anderen Organen mancher Wasserpflanzen wahrgenommen wird, die Aufnahme der erforderlichen Gase dermaßen zu fördern vermag, daß ein Vergleich jener Organe mit den Kiemen der Amphibien und Fische statthaft sein mag, darf dahingestellt bleiben.

Als Material zum Veratmen sind für Angehörige beider Organismenreiche vor allem die im Tier- und Pflanzenkörper enthaltenen Kohlenstoffverbindungen, Kohlehydrate, Fett und Eiweiß, tauglich. Sie werden bei der Atmung verbrannt und liefern entsprechend ihrer spezifischen Ver-

brennungswärme ungleiche Mengen von Energie; der Gewinn an Energie für die atmenden Organismen ist um so größer, je vollständiger die Verbrennung durchgeführt wird.

Das wichtigste Verbrennungsmaterial des Tieres ist das Fett, das der Pflanzenzelle der Zucker; seine Verwertung entspricht folgender Gleichung:

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 = 6\,CO_2 + 6\,H_2O.$$

Die Oxydation der Fette führt zu denselben Endprodukten. Der geringere Gehalt der Fette an Sauerstoff erklärt es, daß ihre vollständige Verbrennung die Zufuhr einer größeren Sauerstoffmenge voraussetzt als die Verbrennung eines gleichen in Zuckerform vorliegenden Kohlenstoffquantums.

$$\underset{\text{Ölsäure}}{C_{18}H_{34}O_2} + 51\,O = 18\,CO_2 + 17\,H_2O.$$

Das Verhältnis der bei der Atmung beteiligten CO_2- und O_2-Mengen ($CO_2 : O_2$) wird als der Atmungskoëffizient bezeichnet (respiratorischer Koëffizient). Bei Zuckerveratmung (s. o.) ist $CO_2 : O_2 = 1$, bei der Fettveratmung ist $CO_2 : O_2 = 18 : \frac{51}{2}$, also kleiner als 1. Der Atmungskoëffizient junger Keimlinge wechselt mit dem Material, das zur Veratmung verfügbar ist, und steigt, wenn die Fettreserven des Samens aufgebraucht und später die bereits von den jungen Blättern gebildeten Assimilate verarbeitet werden, allmählich auf den Wert 1.

Der Wert des Atmungskoëffizienten weicht von dem hier angegebenen wesentlich ab, wenn die Verbrennung der Kohlehydrate unvollkommen bleibt. Die zumal in unreifen Früchten reichlich enthaltenen organischen Säuren (Oxalsäure, Weinsäure, Apfelsäure u. a.) sind das Produkt einer unvollkommenen Oxydation der Kohlehydrate: nur ein Teil dieser wird zu CO_2 und H_2O verbrannt; das Absinken der bei der Atmung gelieferten CO_2-menge läßt den Atmungskoëffizienten unter 1 sinken. —

Besondere Bedeutung hat unter den Säuren die Oxalsäure — durch ihre große Verbreitung und durch ihre Giftwirkung. Sie entsteht bei niederen wie bei höheren Pflanzen als Zwischenprodukt der Atmung, das durch Fortgang der Oxydation in CO_2 und H_2O zerlegt, durch Kalzium aber gebunden und in kristallinischer Form als Kalziumoxalat niedergeschagen werden kann (Fig. 77). Solches bleibt gewöhnlich unverändert im Pflanzenkörper liegen und kehrt nicht mehr in den Stoffwechsel zurück.

Die Erwähnung der bei der Atmung entstehenden Säuren führt zur Schilderung der Veratmung des Alkohols durch die Essigsäurebakterien, durch deren Oxydationstätigkeit Bier und Wein „sauer" werden. Sie oxydieren Alkohol zu Aldehyd, diesen zu Essigsäure, diese zu Kohlensäure und Wasser:

$$\underset{\text{Alkohol}}{C_2H_6O} + O = \underset{\text{Aldehyd}}{C_2H_4O} + H_2O$$

$$C_2H_4O + O = \underset{\text{Essigsäure}}{C_2H_4O_2}$$

$$C_2H_4O_2 + 4\,O = 2\,CO_2 + 2\,H_2O$$

Die Beurteilung des Schicksals, welches die Eiweißverbindungen bei den dissimilativen Vorgängen im Pflanzenkörper erfahren, begegnet großen Schwierigkeiten. Der Tierphysiologe bekommt durch die Ausscheidungen, welche bei der Harnabgabe die Endprodukte des Stickstoffwechsels ihm zugänglich macht, Gelegenheit, sich über die Dissimilation

der Eiweißverbindungen zu informieren. Die Pflanze gibt zwar die bei vollkommener Verbrennung der Kohlenwasserstoffe entstehende Kohlensäure reichlich an die Außenwelt ab, scheidet aber keine stickstoffhaltigen Verbindungen aus. Die Stickstoffbilanz der Pflanzen ist grundverschieden von der der Tiere. Wie die bei der Atmung entstehende Kohlensäure wieder bei assimilativen Prozessen neu verarbeitet werden kann, wenn sie den Pflanzenkörper nicht verlassen hat, ebenso wird vermutlich manches Produkt der Eiweißdissimilation wieder in den Stickstoffkreislauf zurückkehren; derartige vorübergehend im Pflanzenkörper entstehende Stickstoffverbindungen sind naturgemäß sehr viel schwerer zu erkennen als die vom Tierkörper ausgeschiedenen Endprodukte des Stickstoffwechsels.

Der bei den Wirbeltieren als solches Endprodukt hervorragend wichtige Harnstoff — $CO(NH_2)_2$ — spielt bei den Pflanzen eine ganz untergeordnete Rolle und ist nur bei einigen Pilzen (*Lycoperdon*) nachweisbar gewesen. Der Harnsäure und dem Guanin der Tiere stehen chemisch die als Koffeïn und Theobromin bekannten, weit verbreiteten Purinderivate der Pflanzen nahe; sie entstehen vermutlich wie jene beim Abbau der Nukleoproteïde. Weiterhin sind die zu den chemischen Besonderheiten der Pflanzen rechnenden Alkaloide als Endprodukte des Stickstoffwechsels zu nennen. —

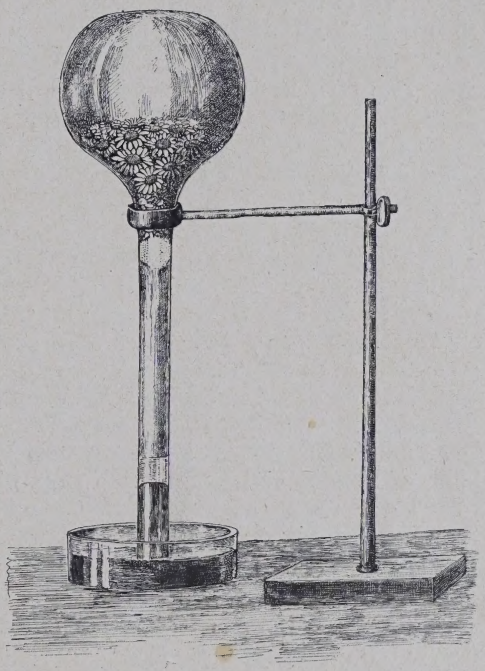


Fig. 120. Atmung der Pflanzen.

Der Nachweis der Atmung wird bei den grünen Pflanzen dadurch erschwert, daß bei ihnen zwei Gaswechselprozesse sich abspielen: bei der Photosynthese wird CO_2 aufgenommen und O abgegeben, — bei der Atmung O aufgenommen und CO_2 abgegeben. Es versteht sich von selbst, daß bei Pflanzen, die unter normalen Verhältnissen heranwachsen, der assimilative Prozeß der Photosynthese mehr aufbaut, als der dissimilative Prozeß der Atmung abbaut. Will man diesen nachweisen, so ist jener auszuschalten: man bediene sich chlorophyllfreier Pflanzenteile, oder man lasse grüne Versuchsobjekte bei Lichtabschluß atmen.

Um von den Leistungen der Atmungstätigkeit eine Vorstellung zu bekommen, mißt man die bei der Oxydation entstehende Kohlensäuremenge. In Fig. 120 ist ein mit Blüten gefüllter Kolben dargestellt, der mit der Öffnung seines Halses in Quecksilber taucht; über dieses sind in den Kolbenhals einige ccm Kalilauge eingeführt worden, durch welche die bei der Atmung entstehende Kohlensäure absorbiert wird. Je mehr Kohlensäure in dem Kolben entsteht, um so höher steigt nach ihrer Absorption das Quecksilber in dem Kolbenhals.

Anorganisches Atmungsmaterial. — Während die Tiere und alle höheren Pflanzen hinsichtlich der chemischen Qualität des von ihnen veratmeten Materials im wesentlichen übereinstimmen, zeichnen sich einige Bakteriengruppen durch Anpassung an ungewöhnliche Brennmaterialien anorganischer Natur aus. Die Schwefelbakterien *Beggiatoa* und *Thiotrix* gewinnen ihre Energie durch Oxydation des Schwefelwasserstoffs zu Schwefel und zu Schwefelsäure. Die Eisenbakterien (*Spirophyllum ferrugineum*) verwandeln mit demselben Erfolge Ferrosalze in Ferrisalze. Die Nitrifikationsmikroben gewinnen die Energie, deren sie zu ihrer vom Licht unabhängigen Kohlenstoffassimilation bedürfen, durch Oxydation des Ammoniaks zu Nitrit (Nitritbakterien), bzw. des Nitrits zu Nitrat (Nitratbakterien). Noch andere Bakterien oxydieren Wasserstoff oder das für die höheren Tiere giftige Kohlenoxyd (CO) oder das Sumpfgas (Methan, CH_4). —

Mechanik der Atmung. — Bei der Atmung bewirkt die lebende Tier- und Pflanzenzelle Oxydationen, die der Chemiker nur unter Zuhilfenahme reinen Sauerstoffs oder durch Anwendung hoher Temperaturen zu erreichen vermag. Für die Mechanik der in den Zellen sich abspielenden Oxydationen stehen jenen offenbar Mittel zu Gebote, die das Laboratorium nicht kennt.

Solche hat man in den Oxydasen, sauerstoffübertragenden Fermenten, die im Körper der Tiere und Pflanzen gleich weit verbreitet sind, zu finden gemeint. Auf die Wirkung der Oxydasen, welche den Sauerstoff der Luft an verschiedene, in vielen Pflanzen sehr reichlich auftretende Chromogene binden und diese in farbige Verbindungen verwandeln, ist das grüne oder blaue Anlaufen zerschnittener Pilze, die Rotfärbung geschälter Äpfel, die bräunliche Verfärbung geschälter Kartoffeln, Rüben usw. zurückzuführen. Die Fähigkeit der Oxydasen, auf Guajakharz oxydierend zu wirken und seine alkoholische Lösung von braun in blau umschlagen zu lassen, macht ihren Nachweis leicht (Behandlung der *Dahlia*-Knollen u. a. mit Guajaklösung).

An die bei der Atmung oxydierten Substanzen wie Zucker oder Fett vermögen die Oxydasen den Sauerstoff allerdings nicht zu übertragen. Die Theorie nimmt daher an, daß gewisse Chromogene der atmenden Zelle den vom Oxydationsferment empfangenen Sauerstoff an das eigentliche Atmungsmaterial weitergeben („Atmungspigmente"). Möglicherweise steht auch das bei den höheren Pflanzen außerordentlich weit verbreitete Anthozyan im Dienste der Atmung. Dasselbe gilt vielleicht für die im Pflanzen- und Tierreich allgemein verbreiteten Katalasen, d. h. für Fermente, die aus Wasserstoffsuperoxyd Sauerstoff frei machen. Katalasereiche Pflanzenorgane entwickeln beim Auftragen einiger Tropfen H_2O_2-lösung auf der Schnittfläche starken Schaum.

Wärmeproduktion. — Bei der Oxydation von Zucker, Fett usw. entsteht in der Pflanze nicht anders als im atmenden Tierkörper Wärme. Einrichtungen zur Wahrung einer konstanten Temperatur, wie sie den Warmblütern eigen sind, fehlen im Pflanzenreich durchaus; die Pflanzen sind poikilotherm, d. h. ihre Temperatur schwankt innerhalb weiter Grenzen mit der des Außenmediums, ohne Leben und Gedeihen der Pflanzen zu gefährden. Einer Temperatursteigerung durch Atmung wirkt im allgemeinen die Transpiration entgegen. Fehlt solche, so steigt die Temperatur atmender Pflanzen zuweilen nicht unerheblich. In den blütenreichen Infloreszenzen mancher Aronstabgewächse (*Arum maculatum* u. a.) steigt die Temperatur 10—15° über die des Außenmediums, noch höher in Dung- oder

Heuhaufen („Selbsterhitzung" des Heus) infolge der Atmungstätigkeit der in ihnen lebenden Bakterien.

Lichtproduktion. — Zu solcher sind im Tierreich Vertreter aller Klassen, von den Protozoen bis zu den Vertebraten, befähigt; ihr Leuchten ist entweder intrazellular (*Noctiluca* usw.) — oder es geht von einem ausgeschiedenen Stoffe aus (*Pholas dactylus*).

Bei den Pflanzen bleibt die Befähigung zur Lichtproduktion auf Vertreter niederer chlorophyllfreier Gruppen (Bakterien, Pilze) und einige marine Peridineen beschränkt. Seefische, die von Leuchtbakterien bedeckt sind (*Bacterium phosphorescens*), leuchten im Dunkeln zuweilen außerordentlich kräftig. In Zersetzung begriffene Baumstümpfe leuchten, wenn Myzel des Hallimasch (*Agaricus melleus*) sich in dem modernden Holz entwickelt hat.

Das Leuchten der Pflanzen setzt Sauerstoff voraus; allerdings genügen schon sehr geringe Sauerstoffmengen, um Leuchtbakterien zum Leuchten zu bringen (s. o. S. 112). Die Lichtproduktion wird auf eine hypothetische Substanz, das Photogen, zurückgeführt, die von der lebenden Zelle produziert und in der Zelle durch Sauerstoff zum Leuchten gebracht wird. —

Wie die Tiere sind auch die Pflanzen — vermutlich sämtliche Pflanzen — imstande, Elektrizität zu produzieren. Oft lassen sich schon von unverletzten Pflanzen elektrische Ströme ableiten. Bringt man eine Elektrode auf die Mittelrippe, die andern seitlich neben ihr auf das Mesophyll eines Blattes, so wird ein Strom nachweisbar: die Rippe verhält sich positiv — das Mesophyll negativ. Nach Verwundung eines Pflanzenorgans werden elektrische Ströme auch bei Organen und an Orten nachweisbar, die vorher solche nicht entwickelten.

Während die „Elektrophysiologie" der tierischen Körper zu einem umfangreichen Wissenszweig geworden ist, hat die Pflanzenphysiologie bisher nur wenig mit der vitalen Produktion von Elektrizität sich befaßt. Erwiesen ist zunächst, daß das Auftreten der Ströme von der Atmung abhängig ist und mit dieser unterbrochen wird — andererseits auch Photosynthese, Belichtung und Verdunkelung Einfluß auf sie haben.

Aus demjenigen Arbeitsgebiet der Elektrophysiologie, die sich mit der Wirkung der Elektrizität auf die Organismen beschäftigt, sei — trotz der Unsicherheit der bisherigen Resultate — die Lehre von der Elektrokultur erwähnt, d. h. das von einigen Autoren empfohlene Verfahren, durch elektrische Behandlung die Ernteerträge unserer Kulturpflanzen zu erhöhen. Von anderen Wirkungsweisen der atmosphärischen Elektrizität auf das Pflanzenleben wird später noch kurz zu sprechen sein.

Gärung. — Auch ohne Sauerstoff und ohne Oxydation kann von den Organismen Energie gewonnen und Leben unterhalten werden. Das vom Sauerstoff unabhängige Leben wird als anaërobes bezeichnet; Lebewesen, welche vorübergehend oder dauernd ohne Sauerstoff auskommen, ja ihn sogar fliehen, heißen anaërobe Organismen.

Anaërobes Leben begegnet uns in beiden Organismenreichen, spielt aber im Pflanzenreich eine sehr viel größere Rolle als bei den Tieren. Obligate anaërobe Organismen, d. h. solche, welche nur bei Abwesenheit von freiem Sauerstoff sich entwickeln können, sind nur aus dem Pflanzenreich bekannt.

Viele Bakterien und Hefen gewinnen die erforderliche Energie durch Spaltung organischer Materie. Gespalten werden vor allem die Kohlehydrate.

Der Energiegewinn, der durch ihre Spaltung zu gewinnen ist, bleibt hinter dem durch Verbrennung der gleichen Stoffmenge erzielbaren stets erheblich zurück.

Besondere Bedeutung beansprucht die Spaltung der Zuckerarten oder die Gärungen.

Als geistige oder Alkoholgärung wird diejenige bezeichnet, bei welcher Organismen irgendwelcher Art Zucker in Alkohol und Kohlensäure zerlegen. Die Gleichung

$$\underset{\text{Traubenzucker}}{C_6H_{12}O_6} = 2\,\underset{\text{Alkohol}}{C_2H_6O} + 2\,CO_2$$

gibt ein Bild von dem Chemismus der Gärung, ohne allerdings auf die Zwischenprodukte (Brenztraubensäure) und die je nach den obwaltenden Bedingungen in größerer oder geringerer Menge entstehenden Nebenprodukte der Gärung (Glyzerin usw., vgl. IV. Kapitel) einzugehen.

Die wichtigsten Gärungserreger sind die Hefen, welche zuckerreiche Flüssigkeiten, die sich selbst überlassen bleiben, vergären und für die Technik der Bier- und Weinbereitung und der Spiritusbrennerei die biologische Voraussetzung ausmachen. Nur 3,8 % der Energie, die durch Verbrennung des Zuckers zu gewinnen ist, wird bei seiner Vergärung frei.

Auch viele Bakterien, Schimmelpilze und sogar höhere Pflanzen sind imstande, Monosaccharide in derselben Weise zu spalten. Keimende Erbsen spalten bei Luftabschluß sogar den ihnen von außen zugeführten Zucker. Vielleicht vermag auch der Körper höherer Tiere dieselbe Spaltung auszuführen. —

Über die Mechanik der Alkoholgärung wissen wir, daß von den Hefezellen und andern zur Alkoholgärung befähigten Zellenarten ein zuckerspaltendes Ferment oder eine ebensolche Fermentgruppe entwickelt wird, die Zymase. Auch nach Zertrümmerung und nach Absterben der Zellen bewirkt diese noch Spaltung des Zuckers.

Die Milchsäuregärung wird durch weit verbreitete Bakterien (Milchsäurebakterien, *Bacillus acidi lactici* und *B. lactis acidi*, den Yoghurtbazillus u. a.) hervorgerufen:

$$\underset{\text{Zucker}}{C_6H_{12}O_6} = 2\,\underset{\text{Milchsäure}}{C_3H_6C_3}$$

und findet im Molkereibetrieb mannigfaltige Verwertung. Die Gärung bleibt auf genannte Mikrobengruppe beschränkt. Ob im Tierkörper die im arbeitenden Muskel nachweisbare Milchsäure unmittelbar durch Spaltung eines Zuckers entsteht, ist fraglich.

Die Erreger der Buttersäuregärung sind wiederum Bakterien (*Clostridium Pasteurianum*, *Cl. butyricum*, *Bacillus orthobutylicus* u. a.), welche im Boden, an Früchten, in Kot, im Wasser und anderwärts weit verbreitet sind, und durch deren Tätigkeit aus Zucker Buttersäure oder andere Verbindungen der Butylreihe entstehen. Die Spaltungstätigkeit der verschiedenen Gärungserreger ist verschieden; der Wirkung des *Clostridium butyricum* entspricht ungefähr die Formel

$$C_6H_{12}O_6 = \underset{\text{Buttersäure}}{C_4H_8O_2} + 2\,CO_2 + 4\,H;$$

für *Bacillus orthobutylicus* gilt die folgende:

$$7\,C_6H_{12}O_6 = 5\,\underset{\text{Buttersäure}}{C_4H_8O_2} + 2\,\underset{\text{Butylalkohol}}{C_4H_{10}O_2} + 2\,\underset{\text{Essigsäure}}{C_2H_4O_2} + 10\,CO_2 + 4\,H + 6\,H_2O$$

5. Wachstum.

Der Umstand, daß die Pflanzenorgane in allen ihren Teilen und in allen Stadien der Entwickelung aus deutlich wahrnehmbaren, scharf umgrenzten Zellen aufgebaut sind, gestattet es, ihr Wachstum aus den Wachstumsveränderungen der einzelnen Zellindividuen zu verstehen.

Die Vegetationspunkte sind die Orte, an welchen stets neue Zellen gebildet werden, also stets jugendliche oder embryonale Zellen zu finden sind. Über Form und Inhalt jugendlicher Zellen ist oben (S. 59) zu sprechen gewesen; die Zellen wachsen und teilen sich in der früher beschriebenen Weise; die Tochterzellen vergrößern sich von neuem und teilen sich wiederum u. s. f.

Zellen, welche theoretisch unbegrenzt zu immer erneutem Wachstum und fortgesetzten Teilungen befähigt sind, finden sich nur an den Vegetationspunkten; treten sie an diesen in Einzahl auf, so nennt man sie Scheitelzellen, — liegen sie in Gruppen, so bilden sie Meristeme.

Die Abkömmlinge der Scheitelzellen und der in den Meristemen gefundenen, unbegrenzt teilungsfähigen Zellen sind ebenfalls noch eine längere oder kürzere Zeit zu Wachstum und Teilung befähigt. Ebenso wie bei dem der Scheitelzellen selbst findet auch bei ihrem Wachstum eine starke Vermehrung des Protoplasmas statt. Wegen der assimilativen Stoffwechselprozesse, welche für diese Form des Wachstums unerläßlich sind, wird es als assimilierendes Wachstum bezeichnet.

Früher oder später stellen die Zellen diese Form des Wachstums und ihre Teilungen ein und erfahren ein oft sehr erhebliches Streckungswachstum, bei dem die Masse des Protoplasmas im großen und ganzen unverändert bleibt, die Vakuolen aber durch reichliche Wasseraufnahme sich stark vergrößern (s. o. S. 59).

Die Bedeutung der Wasseraufnahme als Wachstumsphänomen unterscheidet die Zelle der Pflanzen von der des Tieres: diese erreicht im allgemeinen ihre endgültige Größe durch Vermehrung der lebendigen Substanz, und wenn heranwachsende Tiere ihren Wassergehalt so stark steigen lassen wie die Larven der Amphibien, so erklärt sich seine Zunahme vornehmlich durch interstitielle Wassereinlagerung; die Zellen der Chorda und des jugendlichen Knorpels verhalten sich allerdings den Pflanzenzellen ähnlich.

Trotz der großen Bedeutung der Wasseraufnahme für das Zellenwachstum bleibt dieses bei den Pflanzen noch mehr als bei den Tieren ein irreversibler Prozeß: es bewirkt dauernde Veränderungen der Pflanzenzelle. Von dem reversiblen Prozeß der osmotischen Schwellung, bei welcher Wasser von der Zelle aufgenommen und die Membran von ihm gedehnt wird, unterscheidet sich das Streckungswachstum der Zelle durch die bleibenden Formveränderungen, welche das Flächenwachstum der Membran bewirkt. —

Das assimilierende Wachstum geht sehr langsam vor sich, das Streckungswachstum in manchen Fällen (Wachstum der Staubfäden mancher Gräser) so schnell, daß die Größenzunahme der wachsenden Organe schon ohne Hilfsmittel für das menschliche Auge wahrnehmbar ist.

Um die Längenzunahme wachsender Wurzeln oder Sprosse zu messen und den Ort stärksten Wachstums zu ermitteln. Genügt es bei großen Objekten, mit einem Pinsel Tuschemarken in gleichen Abständen auf die Epidermen aufzutragen und die Änderungen zu beobachten, welche durch das Wachstum in ihrer Lage bewirkt werden. Bei der Untersuchung

wachsender Wurzelspitzen (Fig. 121a) stellt sich heraus, daß nicht die äußerste Spitze, sondern die hinter ihr liegende Strecke am stärksten wächst.

Um auch langsames Wachstum erkennbar zu machen und seine Leistungen genau zu messen, bedient man sich des „Zeigers am Bogen", der mit dem Gipfel einer wachsenden Pflanze so verbunden wird, wie es Fig. 121 b zeigt. Je länger der Zeiger ist, den durch Vermittlung der mit ihm verbundenen Rolle die wachsende Pflanze in Bewegung setzt, um so stärker wird die Vergrößerung, mit welcher der Zuwachswert auf der Skala abzulesen ist. Schnell wachsende Pflanzenorgane, wie Kürbissprosse, lassen einen Zuwachs von 100 μ in der Minute erkennen, Bambustriebe bringen es auf 750 μ, Organe von mittlerer Wachstumsgeschwindigkeit nur

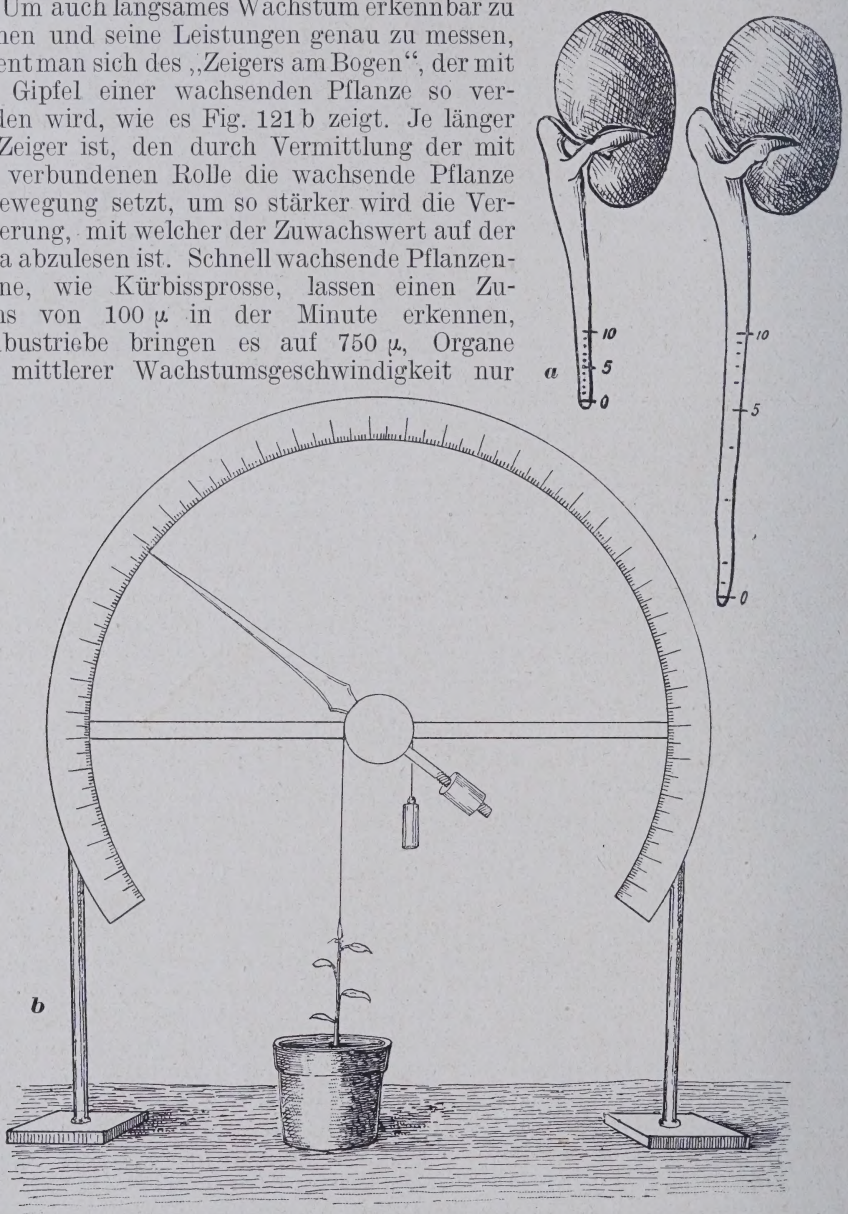


Fig. 121. Messung des Wachstums: *a* nach Auftragung äquidistanter Tuschemarken, *b* mit Hilfe des Zeigers am Bogen.

auf 5 μ in derselben Zeit. Es gibt keine Tiere, deren Wachstum auch nur annähernd so hohe Werte erreichte.

Wie jedes Tierorgan machen auch alle Teile der Pflanzen eine „große Periode“ des Wachstums durch, d. h. ihr Wachstum setzt mit geringer Geschwindigkeit ein, beschleunigt sich dann mehr und mehr, schließlich tritt eine Verlangsamung ein, bis das Wachstum ganz erlischt. —

Längenwachstum erfolgt vor allem an den Sproß- und Wurzelspitzen. In größerem oder geringerem Abstand von ihnen ist das Wachstum entweder vollkommen erloschen und die endgültige Größe aller Teile erreicht — oder es bleiben bestimmte Zonen noch lange wachstumsfähig, auch wenn die über und unter ihnen liegenden Strecken längst ausgewachsen sind. „Interkalares“ Wachstum dieser Art haben vor allem die Blätter, die an der Spitze schon ausgewachsen sind, wenn sie an der Basis ihr Wachstum noch fortsetzen, sowie die unmittelbar über den Blattknoten liegenden Strecken der Gramineenstengel. Das Kambium (s. o. S. 97) ist eine Gewebezone, welche allseits von ausgewachsenem Holz- und Rindengewebe umgeben ist und viele Jahre lang das Wachstum fortzusetzen vermag. Der Körper der höheren Tiere besitzt in dem Wachstum der Epiphysen eine dem interkalaren Wachstum der Pflanzensprosse vergleichbare Erscheinung. —

Fast alle Gestaltungsvorgänge, die wir an den in Entwicklung begriffenen Pflanzen wahrnehmen, sind Wachstumserscheinungen.

Als **Entwicklungsmechanik** wird diejenige Wissenschaft bezeichnet, welche die Wirkung aller inneren und äußeren Faktoren auf Wachstum und Gestaltung der Organismen zu ermitteln trachtet. Als innere Faktoren sind diejenigen zu bezeichnen, welche in der wachsenden Pflanze selbst wirken, als äußere die von der Außenwelt her zur Wirkung kommenden.

Daß vielerlei Faktoren auf den pflanzlichen Organismus gestaltende Wirkung haben, und die Entwicklung der Pflanzen von der Außenwelt in ungleich höherem Maße bestimmt wird als die der Tiere, ist eine den Beobachtern und Züchtern der Kulturpflanzen längst geläufige Erkenntnis (Einfluß des Lichtes, des Wassers, der Düngung, des künstlichen Beschneidens usw.).

Viele Fragen der Entwicklungsmechanik haben sich an pflanzlichen Objekten weiter fördern lassen als an tierischen.

Wirkung der Außenwelt auf das Wachstum. — Wie alle andern Lebensäußerungen sind auch Wachstum und Gestaltungsprozesse an bestimmte äußere Bedingungen gebunden.

Bei 0° wird zwar keineswegs das Leben, wohl aber das Wachstum im allgemeinen sistiert. Nur wenige Organismen andererseits, welche in heißen Quellen heimisch sind, wachsen noch bei Temperaturen von mehr als 50 und 60°. Das Optimum, d. h. die für das Wachstum günstigsten Vorbedingungen, ist, was die Temperatur betrifft, bei 22—37° verwirklicht.

Stoffliche Voraussetzungen für das Wachstum sind Sauerstoff und Wasser, für das assimilierende Wachstum weiterhin alle diejenigen Stoffe, die wir (S. 109) als unentbehrliche zu bezeichnen gehabt haben. Wasser und alle erforderlichen Stoffe können die wachsenden Teile der Pflanze ebenso wie der Außenwelt auch irgend welchen Speicherorganen desselben Individuums entnehmen.

Entbehrlich ist Sauerstoff für die Anaërobionten, die ohne ihn nicht nur leben, sondern auch wachsen können.

Schließlich setzt das Wachstum das Fehlen derjenigen Stoffe voraus, die wir als Gifte bezeichnen — oder wenigstens das Fehlen allzu starker Lösungen jener Verbindungen. Hinreichend verdünnte Lösungen sind indifferent, oft sogar förderlich für das Wachstum (vgl. V. Kapitel).

Licht gehört nicht zu den allgemeinen Voraussetzungen des Pflanzenwachstums. Das Streckungswachstum wird durch Licht verlangsamt. —

Die Wirkungsweisen der physikalischen und chemischen Agentien sind verschieden.

Sie sind imstande, bei einseitigem Angriff richtend und lokalisierend auf bestimmte Wachstumsprozesse zu wirken.

Die Richtung der ersten Querwand, die sich in befruchteten Eiern von *Fucus* bildet, wird durch die Richtung des einfallenden Lichtes oder durch die Richtung anderer einseitig angreifender Reize bestimmt. Die Querwand stellt sich senkrecht zu jener ein.

Die Flanke, an welcher ein horizontales Rhizom Wurzeln entwickelt, wird durch die Schwerkraft bestimmt. Die Thalli der Lebermoose (Fig. 13) entwickeln auf der belichteten Seite assimilierendes Gewebe, auf der Schattenseite Wurzelhaare und bekommen durch die Wirkung des Lichtes ihre Dorsiventralität.

Von der richtenden Wirkung des Lichtes, der Schwerkraft und anderer Agentien auf wachsende Organe und von den Krümmungen, zu welchen diese durch einseitig angreifende Reize veranlaßt werden, wird im 6. Abschnitt des Kapitels zu sprechen sein.

Wirkungen quantitativer Art lassen sich bei den Pflanzen vor allem durch geeignete Ernährung erzielen; der Effekt geht weit über das hinaus, was bei Tieren durch analoge Maßnahmen zu erzielen ist. Durch Düngung und anders geartete Steigerung der Ernährung wird die Größe der Pflanzen und die der einzelnen Organe gefördert, die Zahl der Zellen und Zellenlagen, aus welchen ein Organ besteht, vermehrt und sogar Form und Qualität der Organe in andere Bahnen gelenkt. Bei guter Ernährung entstehen oftmals kompliziert gestaltete Blätter statt einfacher Blattformen, reich gefüllte Blüten statt geringer Füllung usw.; auch die Lebensdauer der Pflanzen erweist sich als beeinflußbar.

Besonders auffällig sind die Wirkungen der Ernährung auf die Fortpflanzungsorgane. Niedere Pflanzen lassen sich durch gleichbleibend gute Ernährung dauernd bei vegetativem Wachstum halten; erst bei Sistierung der reichlichen Nährstoffzufuhr werden Fortpflanzungsorgane gebildet. Ähnliche Wirkungen haben sich bei höheren Pflanzen erzielen lassen und sind auch für Tiere bekannt.

Auslösende Wirkung der Außenweltfaktoren liegt dann vor, wenn diese durch Aktivierung der in einem Organismus gesammelten potentiellen Energie einen Gestaltungsprozeß veranlassen. Auslösende Wirkungen liegen vermutlich dann vor, wenn eine Alge durch Behandlung mit reinem Wasser oder hypotonischen Lösungen zur Bildung von Schwärmsporen angeregt wird.

Alle bisher genannten Wirkungsweisen sind im Gestaltungsleben der Tiere und Pflanzen bedeutungsvoll.

Dafür, daß durch bestimmte Eingriffe der Außenwelt die Qualität der Wachstums- und Gestaltungsleistungen spezifisch, d. h. in einer mit der Qualität des Reizes wechselnden Weise bestimmt werden kann, sind bisher nur für das Pflanzenreich Beispiele bekannt geworden. Solche sind in den verschiedenartigen Gallenbildungen unserer Eichen, Ulmen, Linden usw. zu sehen, d. h. in abnormen Gewebewucherungen, welche durch Parasiten, vornehmlich durch verschiedenartige Insekten hervorgerufen werden, und deren formale und strukturelle Eigentümlichkeiten nach der Spezies der Parasiten verschieden ausfallen (vgl. V. Kapitel).

Namentlich die zahlreichen Gallenbildungen der Eiche sind dadurch bemerkenswert, daß selbst nahe verwandte Insektenarten sie in durchaus verschiedenartigen wohlcharakterisierten Formen entstehen lassen. Welcher Art die — in erster Linie chemischen — Wirkungen der Gallenerzeuger sein mögen, bedarf noch der näheren Untersuchung.

Die in der freien Natur beobachteten Gestaltungsprozesse der Tiere und Pflanzen werden hinsichtlich ihrer Dauer und des Zeitpunktes ihrer Abwicklung durch die innere Veranlagung der Gewächse und die klimatischen Bedingungen (einschließlich der edaphischen d. h. der in den Eigenschaften des Bodens begründeten Faktoren) bestimmt. Die Wissenschaft, welche die zeitliche Ordnung der Prozesse und ihre Dauer zu ermitteln hat, ist die **Phänologie.**

Bei der Phänologie der Pflanzen handelt es sich vorzugsweise um die Erforschung von Wachstumsvorgängen und chemischen Wandlungen (Reifeprozesse), während bei den Tieren Bewegungserscheinungen und Handlungen bestimmter Art (Wanderungen, Brunst, Brutpflege usw.) eine größere Rolle als jene spielen. Die Phänologie der Pflanzen macht mit Phänomenen bekannt, deren ursächliche Abhängigkeit von den Außenweltsfaktoren oft ohne weiteres zutage liegt; ihre Ergebnisse geben daher wichtige Fingerzeige für die entwicklungsmechanische Erforschung der Pflanzenwelt.

Ihre wichtigste Frage ist die nach der Lebensdauer der Pflanzen d. h. nach der Zeitdauer, während welcher die Pflanzen ihr Wachstum fortzusetzen imstande sind. Nach ihrer Lebensdauer teilen wir die Pflanzen ein in perennierende oder vieljährige, in einjährige oder solche, welche nicht mehr als zwölf Monate zu ihrer Entwicklung benötigen, und zweijährige, d. h. solche, welche im ersten Jahre ihres Lebens vegetativ bleiben, im zweiten zu Blüte und Fruchtbildung kommen.

Bei den perennierenden Gewächsen wird zwischen Holzpflanzen und Stauden unterschieden. Die Holzpflanzen überwintern auch in unserem Klima mit ober- und unterirdischen Teilen; erstere widerstehen der Ungunst des winterlichen Klimas, da ihre Achsen verholzt sind. Bäume liegen vor, wenn ein einheitlicher, unten astloser, oben zur „Krone" sich verzweigender Stamm vorliegt; bei Sträuchern pflegen sich mehrere schon im Niveau der Erdoberfläche verzweigte Stämme zu entwickeln. Stauden heißen diejenigen vieljährigen Pflanzen, die nur durch ihre unterirdischen Sprosse (Rhizome, Zwiebeln, Knollen) überwintern.

Die Lebensdauer der perennierenden Pflanzen läßt sich bei denjenigen, die durch Jahresringe über ihr Alter Auskunft geben, leicht ermitteln. Viele Koniferen sind imstande, ein sehr hohes Alter zu erreichen. Einige besonders gewaltige Exemplare des kalifornischen Mammutbaumes (*Sequoia gigantea*) werden auf 4000—5000 Jahre geschätzt, die berühmte Wasserzypresse von Oaxaca in Mexiko sogar auf 6000 Jahre. Unsere einheimischen Laub- und Nadelbäume werden 400—900, selten 1000 Jahre oder darüber alt.

Als einjährige Pflanzen oder Annuelle kennt das Klima der gemäßigten Zone nur Kräuter, d. h. Pflanzen, die in einer Jahresperiode ihren Entwicklungskreis erledigen und nach der Fruchtreife absterben. Liegen Keimung und Fruchtreife in demselben Jahre, so liegen Sommer-Annuelle vor; keimen die Pflanzen im Herbst, und fallen Blüte und Fruchtreife in das nächste Jahr, so spricht man von Winter-Annuellen. Die Getreidearten werden in dieser und jener Form (Sommerweizen, Winterweizen usw.) kultiviert. Viele Kräuter machen während eines Jahres mehrere Generationen durch, da sie schon in wenigen Wochen oder Monaten den ganzen Entwicklungskreis von der Keimung bis zur Fruchtreife erledigen können (*Draba verna, Stellaria media*).

Die zweijährigen Pflanzen bedürfen zweier Vegetationsperioden, um zum Blühen zu kommen. Viele perennierende Pflanzen müssen viele Jahre (*Veratrum* usw.) oder Jahrzehnte (unsere Waldbäume u. a.) alt werden, bis sie zu blühen imstande sind. Als „hundertjährige Aloë" wird fälschlich die Agave (*A. americana*) bezeichnet, die erst im Alter von 6—10 Jahren blüht, in Gewächshauskultur vollends 40—60 Jahre für dasselbe Ziel braucht.

Perennierende Pflanzen, welche nicht nur ihre verholzten oberirdischen Achsen, sondern auch ihre Blätter von einer Vegetationsperiode in die nächste hinübernehmen, heißen immergrün. Die Flora des Mediterrangebiets ist reich an solchen, das Klima Mitteleuropas kennt als immergrüne den Efeu, die Stechpalme (*Ilex*) und vor allem die Koniferen, von welchen nur die Lärche ihre Nadeln alljährlich abschüttet. Das Alter, welches die Nadeln der immergrünen Koniferen erreichen, schwankt je nach den Ernährungsbedingungen um mehrere Jahre (Alter der Kiefernadeln 3—5 Jahre). Sommergrün heißen alle diejenigen perennierenden Pflanzen, die im Herbst sich entlauben (nordische Laubbäume, Lärche).

Die Reihenfolge, in der sich die Entwicklungsprozesse der Pflanze aneinanderreihen, kann insofern variieren, als manche Pflanzen in jeder neuen Vegetationsperiode mit der

Blätterbildung, andere mit dem Blühen beginnen. Im Frühjahr fallen manche Weiden (*Salix caprea* u. a.), die Ulmen, Eschen u. a. dadurch auf, daß sie blühen, bevor sie sich belauben. Die Herbstzeitlose (*Colchicum*, s.o. S. 19) reift die Früchte der im Herbst sich erschließenden Blüten erst im Frühjahr des nächstfolgenden Jahres aus.

Die kalendermäßige Fixierung bestimmter Entwicklungsprozesse zu ermitteln ist eine Hauptaufgabe der Phänologie. Besonders auffallend ist die Strenge, mit der die Blüte der Pflanzen an bestimmte Monate gebunden ist. Die „Christrose" (*Helleborus niger*) blüht von November bis März; in der Frühlingsflora herrschen Liliazeen und Ranunkulazeen vor, unter den Herbstblühern Kompositen. *Senecio vulgaris*, *Stellaria media*, auch *Bellis perennis* blühen in milden Wintern von einer Vegetationsperiode bis zur andern.

Ebenso wie das Blühen ist die Belaubung, das „Ausschlagen" der perennierenden Pflanzen, zumal unserer Bäume, und das Reifen der Früchte an bestimmte Monate gebunden. Mit der Belaubung geht die Birke voran; die Reihenfolge, mit welcher Eiche, Esche, Walnuß, Rebstock u. a. folgen, variiert mit den klimatischen und meteorologischen Bedingungen.

Die Laubentwicklung vieler einheimischer Bäume erfolgt insofern schubweise, als in einer Vegetationsperiode normalerweise zweimal oder noch öfter das Treiben der Zweige sich wiederholt (sog. Johannistriebe). „Remontierende" Pflanzen (Rosen, Nelken, auch Himbere und Erdbeere) sind solche, welche ihre Blüten in zwei Schüben entwickeln. Zweimaliges Blühen, wie es an Obstbäumen, der Roßkastanie u. a. bei ungewöhnlicher Spätsommerwitterung beobachtet wird, ist eine verhältnismäßig seltene Anomalie.

Die Dauer bestimmter Entwicklungsprozesse hält oft bestimmte Fristen genau inne. Das Reifen der Früchte pflegt eine für die Art konstante Zeit in Anspruch zu nehmen. Die Zapfen mancher Koniferen reifen im Jahre der Blüte, die anderer erst im zweiten, ja sogar dritten Jahre. Auch die Früchte mancher Eichen reifen erst im zweiten Jahre, z. B. die der Knopperneiche (*Quercus Vallonea*). Die Zeit, welche die Samen der Pflanzen zum Keimen brauchen, ist bei kleinsamigen Pflanzen meist gering, bei groß- und hartsamigen länger. Die Samen der Eibe, der Esche u. a. keimen erst zwei oder drei Jahre nach der Aussaat. Senf und Kresse u. a. schon nach wenigen Tagen. Vorzeitiges Keimen, d. h. solches, welches der Loslösung und Aussaat des Samens vorausgeht, führt zur Erscheinung der Viviparie, die bei manchen Arten als normale Erscheinung, bei anderen als eine durch äußere Umstände veranlaßte Anomalie auftritt.

Bei Behandlung der Pathologie der Pflanzen (V. Kapitel) wird die Einwirkung der Außenwelt auf Wachstum und Gestaltung an zahlreichen weiteren Beispielen zu erläutern sein.

Über die Wirkungen der Außenweltsbedingungen auf Variation und Variabilität wird später zu sprechen sein.

Wirkungen innerer Bedingungen auf das Wachstum. — Daß benachbarte Zellen aufeinander wirken, und daß ihre Wirkungen auch in bestimmten Gestaltungsvorgängen ihren Ausdruck finden können, haben wir schon bei Besprechung der korrespondierenden Tüpfel gehört (s. o. Fig. 93). So wie die Zellen, wirken auch größere Einheiten, Organe und Organsysteme der Pflanze, aufeinander; andererseits bestehen auch zwischen den Teilen einer einzelnen Zelle gestaltende Wechselwirkungen. Derartige wechselseitige oder auch einseitige Abhängigkeitsverhältnisse, welche zwischen den Teilen eines Ganzen bestehen, werden als **Korrelationen** bezeichnet.

Die Beeinflussung der Teile durcheinander geschieht auf chemischem und auf physikalischem Wege.

Physikalische Korrelationen liegen dann vor, wenn z. B. ein Organ durch Zug oder Druck von seiner Nachbarschaft beeinflußt wird.

Chemische Korrelationen quantitativer Natur kommen dadurch zustande, daß die zu einer Einheit verbundenen Teile sich miteinander in ein bestimmtes Quantum von Wasser und Nährmaterialien zu teilen haben: je mehr Teile an diesem partizipieren, um so weniger entfällt auf jeden einzelnen. Jeder Teil wirkt also auf alle andern als Mitverbraucher. Die Beseitigung einzelner Teile, die Entfernung einiger Vegetationspunkte (Beschneiden der Bäume usw.) oder die gewaltsame Sistierung ihres Wachs-

tums (durch Eingipsen) hat auf die Entwicklung der übrigbleibenden Teile desselben Organismus die nachhaltigsten Wirkungen.

Chemische Korrelationen qualitativer Art werden dadurch bedingt, daß die Teile eines Organismus bestimmte chemische Leistungen für ihn vollbringen und durch sie auf alle seine Glieder wirken: der Einfluß der grünen Blätter auf den Gesamtorganismus beruht auf ihrer photosynthetischen Tätigkeit und der Abhängigkeit der nichtgrünen Pflanzenteile von den Produkten der assimilierenden.

Im tierischen Körper gewinnen bestimmte Organe dadurch besondere Bedeutung für den Gesamtorganismus, daß sie Stoffe von besonderer Wirksamkeit liefern wie die Schilddrüse, die Geschlechtsdrüsen usw. Es hat sich wahrscheinlich machen lassen, daß auch im Pflanzenkörper „Sekrete" bestimmter Organe entstehen und auf andere Teile des Organismus einwirken; mit den Leistungen und Wirkungen der genannten Organe des Tierkörpers können aber die der hypothetischen pflanzlichen Sekrete nicht verglichen werden. Unzweifelhaft sind die Organe der Pflanzen in ihrem Chemismus einander sehr viel ähnlicher als die Organe der höheren Tiere.

Wie im tierischen sind auch im pflanzlichen Organismus in erster Linie chemische Wirkungen, die benachbarte Teile aufeinander haben, die Ursache des physiologischen Alterns. Die Fähigkeit der pflanzlichen Vegetationspunkte, ständig ihr Wachstum fortzusetzen, findet praktisch früher oder später — zuweilen allerdings erst nach Jahrhunderten und Jahrtausenden — ihr Ende deswegen, weil die Bedingungen, welche die gewaltige Vermehrung der durch das Wachstum gelieferten Leibessubstanz und der Einfluß ihrer Stoffwechselprodukte auf die Vegetationspunkte zustande kommen lassen, immer ungünstiger für diese werden. Isoliert man die Triebspitzen alternder Pflanzen vom Vegetationskörper, und kultiviert man sie losgelöst von diesem als Stecklinge weiter, und verfährt man mit den aus ihnen erwachsenden Individuen später in derselben Weise, so kann man — wie die Geschichte der Kulturpflanzen dartut — jahrtausendelang das Wachstum der Vegetationspunkte in Gang erhalten.

So leicht es bei vielen Pflanzen ist, isolierte Stücke des Vegetationskörpers in Stecklingsform weiter wachsen zu lassen, um so schwieriger ist es, mit isolierten Pflanzenzellen zu arbeiten und sie zu fortgesetztem Wachstum anzuregen. Während isolierte Zellen tierischer Gewebe der verschiedensten Art sich auf künstlichen Nährböden „kultivieren" und zu ergiebigem Wachstum bringen lassen, sind die Schwierigkeiten, welche die Zellen höherer Pflanzen dem gleichen Experiment in den Weg stellen, bisher noch nicht überwunden worden. Bei den Thallophyten gelingt es aber, noch sehr kleine Stückchen des Vegetationskörpers, sogar einzelne Zellen von diesem zu ergiebigem Wachstum, ja sogar zur Regeneration ganzer Pflanzen zu bringen. —

Wenn bei den Tieren — z. B. bei der Metamorphose der Insekten — ein Entwicklungsstadium das andere ablöst, so werden wir zunächst „innere Faktoren" für die gesetzmäßige Folge der Entwicklungsprozesse verantwortlich machen und annehmen, daß durch das Leben des Organismus selbst, in erster Linie vielleicht durch die Gesamtheit seiner Stoffwechselprodukte, die Bedingungen geschaffen werden, welche den Eintritt der nächsten Entwicklungsphase in ähnlicher Weise herbeiführen, wie sie beim ausgewachsenen Individuum die Erscheinungen des Alterns und des physiologischen Todes verursachen.

Ähnliches gilt offenbar auch für die höheren Pflanzen, wenn auch bei ihnen durch experimentelle Eingriffe und Änderungen in den Außenweltsbedingungen der physiologische Tod sich leichter hinausschieben und die Folge der Entwicklungsphasen sich ungleich stärker beeinflussen läßt als bei den Tieren, wie aus dem oben Gesagten bereits hervorgeht.

Ebenso wie der Wechsel in den Gestaltungsprozessen und die Ablösung der einen durch die nächste Phase, dürfte auch die periodische Wiederkehr bestimmter Wachstumsleistungen auf die Wirkung innerer Faktoren und ihren rhythmischen Wechsel zurückzuführen sein, die zwar durch die Außenweltsbedingungen weitgehend beeinflußt werden können, ohne aber in dem Sinne von ihnen abhängig zu sein, daß jedem Takt des rhythmischen Wachstums eine in gleichem Rhythmus erfolgende Änderung der äußeren Bedingungen entspräche. Periodisches Wachstum wird besonders auffällig an den Ästen vieler Tropenbäume wahrgenommen, die sich rhythmisch entlauben und neu begrünen, obwohl sie sich in einem — soweit wir wissen — völlig konstanten Klima entwickeln. Ebenso wie es für den tierischen Organismus angenommen wird, läßt wohl auch im Pflanzenkörper die Lebens- und Wachstumstätigkeit Bedingungen zustande kommen, insbesondere Stoffwechselprodukte entstehen, welche der Fortsetzung des Wachstums ungünstig sind und es schließlich sistieren. Nach kürzerer oder längerer Unterbrechung des Wachstums ist die Wirkung jener wachstumshemmenden Stoffe abgeklungen, das Organ hat sich „erholt" und beginnt einen neuen Takt seines rhythmischen Wachstums.

Der Umstand, daß Tieren wie Pflanzen „autonome" Rhythmen eigen sind, d. h. solche, welche durch die Lebensäußerungen des Organismus selbst bedingt werden, darf nicht zu der Meinung verführen, daß irgendwelche Gesetze auch die Dauer oder Taktlänge der bei Tieren und Pflanzen beobachteten Rhythmen in gleicher Weise beherrschen müßten. Es wäre überflüssig, hiervor zu warnen, wenn nicht die medizinischerseits vorgetragene Lehre, daß auch die Pflanzen einen 28tägigen Rhythmus erkennen ließen, ja ein solcher die ganze Organismenwelt beherrsche, hier und da Beifall gefunden hätte: das Leben der Pflanzen wird weder von 28tägigen noch von anderen kurzbefristeten Rhythmen in der Weise beherrscht, die für den Menschen bekannt ist.

Zu der Wirkung der Korrelationen gehören die Erscheinungen der Polarität, d. h. die Reaktionsunterschiede gleichnamiger, nur durch ihre Lage zur Basis und Spitze des Organismus unterschiedener Pflanzenorgane und Organteile.

Polarität spricht sich in den normalen Gestaltungsleistungen der Organe und Organsysteme aus, wenn z. B. die Verzweigung irgendwelcher Achsen in ihren oberen und ihren unteren Teilen verschieden sich betätigt, — vor allem aber in den Vorgängen der Regeneration, die nach Zerstückelung eines Individuums vor sich gehen. Im V. Kapitel wird auf sie zurückzukommen sein.

6. Bewegungserscheinungen.

Besteht der alte Satz zu Recht, nach welchem die Tiere zu aktiven Bewegungen befähigt sind, den Pflanzen aber diese Befähigung abgehen soll?

Es ist zuzugeben, daß hinsichtlich derjenigen Bewegungen, welche Ortswechsel bewirken, deutliche Unterschiede zwischen den beiden Organismenreichen bestehen: den Tieren sind solche Bewegungen in allen Stadien ihres Lebens oder wenigstens während ihres Larvenzustandes möglich, bei den Pflanzen dagegen haben aktive Ortsveränderungen sehr viel geringere Verbreitung. Wir beobachten solche nur bei einigen im System tief stehenden

Thallophyten und den zum Schwärmen befähigten Fortpflanzungszellen vieler Kryptogamen und einiger weniger Phanerogamen.

Bei den festwurzelnden Pflanzen kann man von Ortswechsel nur insofern sprechen, als das Wachstum manchen von ihnen ein bescheidenes Vorrücken gestattet. Viele Rhizome wachsen alljährlich eine bestimmte Strecke vorwärts und „kriechen" auf diese Weise langsam, aber ständig von ihrem ursprünglichen Platze fort; das Rhizom der Einbeere (*Paris*) kommt in jedem Jahre 6 bis 8 cm von der Stelle.

Außerordentlich weit verbreitet sind die Krümmungsbewegungen, d. h. diejenigen Bewegungen, durch welche — dauernd oder vorübergehend — der Vegetationskörper einer Pflanze oder eines ihrer Organe deformiert wird: Knospen und Blüten, welche sich entfalten, Zweige und Wurzeln, welche ihre Wachstumsrichtung ändern, führen Krümmungsbewegungen aus.

Die **Mechanik der Bewegung** ist bei den Pflanzen sehr mannigfaltig.

Bei den Tieren geht die Umwandlung potentieller Energie in Bewegung am ergiebigsten im Muskel vor sich. Der Pflanze fehlen durchaus Zellen und Gewebe, die in ihrer Struktur und durch die Eigenschaften der Kontraktilität den Muskelfasern ähnlich wären. Ein noch nicht befriedigend aufgeklärter Bewegungsmechanismus, bei welchem Pflanzenorgane sich kontrahieren, d. h. unter Dickenzunahme verkürzen und dabei kräftige Zugwirkungen ausüben, und welche äußerlich an den Formwechsel und die Wirkungen tierischer Muskeln erinnern, ist bei den Wurzeln verschiedener Pflanzen beobachtet worden; durch Verkürzung dieser Wurzeln werden Zwiebeln und andere Sproßformen in den Boden hinabgezogen.

Bei der Analyse der den Pflanzen eigentümlichen Bewegungsmechanismen wird zu unterscheiden sein zwischen denjenigen, welche den Ortswechsel frei beweglicher Organismen bewirken, und solchen, welche Bewegungen an festwurzelnden Pflanzen erfolgen lassen.

Ortswechsel frei lebender Organismen wird bei Pflanzen wie Tieren vorzugsweise durch die Bewegung von Geißeln und durch amöboide Formveränderung nackter Zellen bewirkt.

Krümmungsbewegungen der Organe festwurzelnder Pflanzen kommen auf verschiedene Weise durch vitale Veränderungen der Zellen und Gewebe zustande — oder durch physikalisch restlos verständliche Veränderungen toter Zellen oder toter Zellenbestandteile.

Von den vitalen Veränderungen die wichtigsten sind die Wachstumserscheinungen.

Wie das Wachstum der Rhizome (s. o.), bedeuten schließlich jede Wachstumsäußerung und jeder Formwechsel eine Bewegungsleistung, die freilich im allgemeinen nicht zu einer Ortsveränderung des ganzen Individuums führt, um so häufiger aber eine Bewegung der einzelnen Organe , Veränderungen in ihrer Haltung usw. veranlaßt. Auch wenn diese Veränderungen eine äußere Ähnlichkeit mit den Bewegungen der Tiere, ihrer Gliedmaßen usw. annehmen, so bleibt doch der prinzipielle Unterschied zwischen diesen und jenen leicht erkennbar: die Bewegungen der Tiere sind umkehrbare Prozesse; die Tiere, die sich im Raum bewegen, sind imstande, an den Ausgangspunkt ihrer Bewegung zurückzukehren; tierische Organe, die sich gekrümmt haben, können sich wieder strecken. Alle Formwechselvorgänge aber, welche bei den Pflanzen durch Wachstum vermittelt werden, sind ihrer Natur und dem Wesen des Wachstums nach nicht umkehrbar.

Von der großen und vielseitigen Bedeutung, die sie für die Bewegungen der Pflanzenorgane haben, und ihrer Abhängigkeit von Faktoren der verschiedensten Art wird später eingehend zu sprechen sein.

Im Tierreich ist Wachstum als Bewegungsmechanismus bedeutungslos.

Ein weiterer den Pflanzen eigentümlicher Bewegungsmodus beruht auf dem Turgor der Zellen. Starke Wasserfülle der Zellen bewirkt Dehnung der Zellmembranen; geht der Turgordruck zurück, so verkürzen sich die Zellen. Auf welche Weise diese Vorgänge Bewegungen der Pflanzen bewirken können, ist am besten für die Staubfäden der Flockenblumen (*Centaurea*) und anderer Zynareen untersucht worden. (Fig. 122.) Ihre Filamente umgeben den Griffel gleich fünf Spangen. Bei mechanischer Reizung verkürzen sie sich und strecken sich dabei gerade. Die Verkürzung wird durch die Parenchymzellen der Filamente veranlaßt, deren Turgorspannung auf den mechanischen Reiz hin plötzlich nachläßt und unter Wasserausscheidung eine Verkürzung der gespannten Membranen um 10 bis 20 % herbeiführt: die Interzellularräume füllen sich dabei mit dem ausgepreßten Wasser. Allmählich wird der ursprüngliche Turgordruck der Zellen durch Aufnahme des abgegebenen Wassers wieder hergestellt, die Zellen strecken sich, und die Filamente spreizen sich wieder bogenförmig. Ähnliche Vorgänge sind z. B. bei den Blattbewegungen der Mimosen im Spiele. Alle durch Turgorschwankungen bewirkten Bewegungen werden als Variationsbewegungen bezeichnet. Sie sind reversibel.

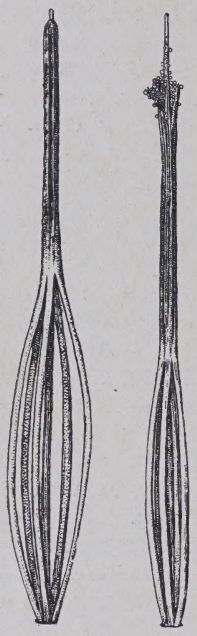


Fig. 122. Bewegung durch Turgorschwankung: fünf Staubgefäße aus einer Zynareenblüte, links in turgeszentem Zustand mit gestreckten, spangenförmig abgespreizten Filamenten, rechts nach Verkürzung der Zellen der Filamente; oben wird der Griffel eine Strecke weit über der Staubbeutelröhre sichtbar.

Hoch gesteigerter Turgordruck, der zur Plasmoptyse führt (s. o. Fig. 113), bewirkt mit dieser eine einmalige, nicht umkehrbare Bewegung des Zelleninhalts. Schleuderbewegungen ähnlicher Art sind bei der Aussaat der Sporen mancher Pilze, welche ihre Fortpflanzungszellen auf dem Wege der Plasmoptyse ejakulieren, im Spiele. Durch Platzen hochturgeszenter Zellen wird bei einem Schimmelpilz, *Pilobolus*, ein mit vielen Sporen ausgestattetes Sporangium abgeschleudert; bei der Spritzgurke (*Ecballium elaterium*) wird durch hohe Turgorspannung im Fruchtfleisch der Fruchtinhalt nebst Samen mit explosiver Gewalt ausgespritzt.

Bewegungsmechanismen, die vom Leben unabhängig sind, arbeiten mit der Quellung und Schrumpfung der Zellhäute; sie bewirken die hygroskopischen Mechanismen, von welchen früher (S. 107) die Rede war. Quellung von Bestandteilen des Zellinhalts (Quellungsdruck) ist bei manchen der soeben erwähnten Schleudermechanismen beteiligt. Auch von den Kohäsionsmechanismen, die bei allmählichem Schwund des wässerigen Zellinhalts wirksam werden können, war bereits früher die Rede (S. 106).

Die **Ursachen der** von den Pflanzen ausgeführten **Bewegungen** führen zu derselben Unterscheidung, die bereits bei der Frage nach den Ursachen des Wachstums und der Gestaltungsorgane uns beschäftigt hat (s. o. S. 129): sie liegen entweder in dem Organismus selbst oder kommen von der Außen-

welt. Bewegungen der ersten Art werden autonome, solche der zweiten Art paratonische oder Reizbewegungen genannt. Autonome Bewegungen erfolgen auch bei völlig konstanten Außenweltbedingungen. Reizbewegungen sind die Reaktionen der Pflanze auf bestimmte Änderungen in jenen; sie erfolgen nach Änderungen im Wirken der Schwerkraft, in der Belichtung, der Temperatur, unter Einwirkung chemischer Reize u. a. m. Entweder sind Änderungen der Richtung, in welcher jene Agentien auf die Pflanzenorgane wirken, das maßgebende — oder die Außenweltfaktoren wirken unabhängig von der Richtung ihres Angriffs allein durch die Energieform und ihre Intensität. Im ersten Falle lassen die Reizbewegungen eine zur Angriffsrichtung des Reizes bestimmt orientierte Einstellung der für jene Reize empfindlichen Organe zustande kommen (Tropismen, tropistische oder Richtungsbewegungen); im zweiten Falle führen sie zu einem Formwechsel, dessen Ziel nicht von der Richtung der auf die Pflanze wirkenden Außenweltsfaktoren, sondern nur von der inneren Veranlagung der Pflanze bestimmt wird (Nastien, nastische Bewegungen). —

Willensimpulse als Veranlassung zu vitalen Bewegungen kommen bei den Pflanzen nicht in Betracht, da die Voraussetzung aller Willensäußerungen, die Psyche, den Pflanzen fehlt.

Der Mangel an Nerven, den wir bei Prüfung der vegetabilischen Gewebeformen erkannt haben, gewinnt dadurch besondere Bedeutung für die Beurteilung des Pflanzenlebens, daß wir durch ihn jeden Grund verlieren, von einer Seele der Pflanzen zu sprechen.

Die Vorliebe, mit welcher namentlich in populären und halbwissenschaftlichen Publikationen von einer solchen gesprochen wird, darf uns nicht darüber hinwegtäuschen, daß Bewußtsein und alle mit ihm verbundenen Aktionen wie Wahrnehmung, Lust- und Unlustgefühle, Wollen usw. erfahrungsgemäß an ein nervöses Zentralorgan gebunden sind. Wollten wir den Begriff der Seele dermaßen erweitern, daß er von Bewußtsein, Zentralorgan und Nervensystem unabhängig wird, und mit Aristoteles und den Scholastikern als Seele ein die stoffliche Struktur beherrschendes Prinzip des Lebens (Entelechie) definieren, so geben wir für die Frage nach der Seele der Pflanzen den Boden der Erfahrung preis und verweisen jene damit aus dem naturwissenschaftlichen in den Bereich der Metaphysik. In ähnlicher Richtung führen uns Analogieschlüsse, nach welchen es bei der großen und vielfältigen Übereinstimmung zwischen Tier- und Pflanzenorganisation nicht angehe, den Pflanzen die Seele abzusprechen (Ed. v. Hartmann). Fechners vielgelesenes Buch „Nanna oder das Seelenleben der Pflanzen“ (1842) vollends geht mit dem Seelenbegriff weit über seine biologische Fassung hinaus und nennt alles Bewegliche beseelt.

Die Tatsache schließlich, daß gar manche von der experimentellen Psychologie aufgestellten Begriffe und von ihr entdeckten Gesetze auch für die Pflanzen und die botanische Reizphysiologie sich als gültig haben erkennen lassen (Reizschwelle, Weber-Fechnersches Gesetz u. a.), beweist nicht das geringste für das Vorhandensein und Wirken einer Pflanzenseele, sondern bringt nur die Übereinstimmung in der protoplasmatischen Veranlagung der Tiere und Pflanzen zum Ausdruck.

a) Ortsveränderungen.

Zu freier Ortsveränderung dauernd befähigt sind viele Vertreter niederer Pflanzenformen — viele Bakterien, viele Diatomeen, die Volvo-

zineen u. a. — sowie die von vielen seßhaften Pflanzen entwickelten Fortpflanzungszellen wie Schwärmsporen, schwärmende Gameten, Spermatozoën. Bewegliche Zellen finden sich nur bei den verschiedenen Klassen der Kryptogamen und den niedersten Vertretern der Gymnospermen. Bei allen höher organisierten Formen der Phanerogamen sind auch die Fortpflanzungszellen niemals zu freier Ortsbewegung befähigt.

Die Mechanismen der an Pflanzen beobachteten Erscheinungen der Ortsbewegungen sind verschieden; die wichtigsten haben die Pflanzen mit den niederen Tieren gemeinsam.

Die frei beweglichen Bakterien, die Volvozineen, die beweglichen Fortpflanzungszellen der Algen und Pilze, sowie die Spermatozoën der Algen, Moose, Farne und Gymnospermen gleichen den Ziliaten, vielen Flagellaten, den bewimperten Larvenformen vieler Metazoën und den Spermatozoën der Tiere dadurch, daß ihnen als Bewegungsmittel protoplasmatische, zu rhythmischem Ruderschlag befähigte Geißeln oder Zilien (s. o. S. 80) zur Verfügung stehen.

Die Plasmodien der Schleimpilze andererseits wiederholen mit ihrer Fähigkeit zur amöboiden Formveränderung und Ortsbewegung und zur Bildung von Pseudopodien (Fig. 1) das, was von den Amöben und andern tierischen Protisten sowie von den Leukozyten der höheren Tiere her bekannt ist.

Ein Mechanismus, der nur von pflanzlichen Zellen her bekannt ist, wird an den zur Bewegung befähigten Diatomeen beobachtet: bei ihnen vermag ein Teil des Protoplasmas durch feine Öffnungen der Membran das Innere der Zelle zu verlassen und durch sein Strömen auf der Oberfläche der Zelle die Zelle zum Vorwärtsgleiten zu bringen. —

Auch physiologisch stimmen die beweglichen Pflanzenzellen mit frei schwärmenden Tieren, zumal den Einzelligen, überein, indem sie wie diese auf dieselben Reize mit gleichen oder ähnlichen Bewegungen reagieren.

Führen sie unter der Einwirkung eines chemischen oder physikalischen Reizes Bewegungen aus, deren Richtung von der des Reizangriffes bestimmt wird, so spricht man von taktischen Bewegungen oder von Taxien: bewegen sich die Zellen oder Organismen zum Reizmittel hin, so liegt positive — im entgegengesetzten Fall negative Taxis vor. Die durch Licht hervorgerufene Taxis heißt Phototaxis, die durch chemische Mittel hervorgerufene — Chemotaxis usw. Stellt man ein Glas, welches reichlich Volvozineen (*Chlamydomonas* u. ähnl.) enthält, in die Nähe des Fensters, so sieht man die grünen Zellen sich bald an der belichteten Seite anhäufen. Viele Bakterien sind chemotaktisch sehr empfindlich und schwärmen zu denjenigen Stellen hin, an welchen ihnen Nährstoffe geboten werden. Diese und andere taktische Bewegungen bringen die Zellen an Stellen, an welchen sie günstige Lebensbedingungen finden. Die ökologische Bedeutung der chemotaktischen Bewegungen leuchtet auch bei den von Spermatozoën ausgeführten ohne weiteres ein: wie die der Wirbeltiere vermutlich durch chemische Reize geleitet den Weg vom Uterus durch die Tuben zum Ovarium finden, so werden auch die Spermatozoën der Algen, Moose und Farne oft über ansehnlich weite Strecken durch chemische Reizmittel zu ihrem Ziel, der Eizelle, geführt (Fig. 142). Für die Pflanzen sind wir bereits in der Lage, die wirksamen Stoffe namhaft zu machen; bei den Farnen wird die Anlockung der Spermatozoën durch Apfelsäure, bei den Laubmoosen durch Rohrzucker, bei den Lebermoosen durch eiweißartige Verbindungen bewirkt.

Im Körper der höheren Tiere sind viele Zellen verschiebbar und zu taktischen Bewegungen befähigt: die Leukozyten werden durch Chemotaxis zu Bakterienherden geführt usw. Der festgefügte Bau des Pflanzenkörpers macht solche Bewegungen seiner Zellen unmöglich. Wohl aber können die in einer Zelle liegenden Organe taktische Bewegungen ausführen, deren Spielraume freilich die Zellulosewand enge Grenzen zieht. Der Zellkern und vor allem die Chlorophyllkörner sind imstande, in der Zelle zu wandern; letztere ordnen sich namentlich bei schwacher und starker Belichtung in wechselnder Verteilung an. —

Wir wenden uns nunmehr zu den Bewegungen festwurzelnder Pflanzen, welche ihre Organe in der einen oder andern Weise Bewegungen ausführen lassen können.

b) Autonome Krümmungsbewegungen.

Autonome Krümmungsbewegungen, d. h. solche, welche nicht durch Außenweltreize, sondern durch die im Organismus selbst und durch seine Lebenstätigkeit bewirkten inneren Veränderungen veranlaßt werden, kommen durch Wachstum, in andern Fällen durch Turgorschwankungen zustande.

Autonom sind die schwingenden Bewegungen, welche wachsende Sproßspitzen oder Ranken ausführen (Zirkumnutationen), autonom die Krümmungen, welche Knospenschuppen, jugendliche Laubblätter und Blütenorgane beim Entfalten einer Knospe oder Blüte ausführen. Die Triebspitzen des wilden Weins (*Ampelopsis*) sind hakenförmig eingebogen, die Blätter der Farne an der Spitze spiralig eingerollt — die Geradestreckung ist bei diesen wie jenen eine durch Wachstum bewirkte autonome Bewegung.

Autonome Variationsbewegungen führen die Blätter mancher Leguminosen aus, welche ununterbrochen in mehr oder minder lebhaften Schwingungen kreisen.

c) Paratonische Krümmungsbewegungen.

Auch die paratonischen oder Reizbewegungen, d. h. diejenigen, welche durch eine bestimmt geartete Einwirkung seitens der Außenwelt angeregt werden, kommen durch Wachstum, in andern Fällen durch Turgorschwankungen zustande.

Die Beziehungen der durch die paratonischen Krümmungsbewegungen bewirkten Einstellung der Pflanzenorgane zur Richtung des sie veranlassenden Reizes läßt zwischen tropistischen und nastischen Bewegungen unterscheiden (s. o. S. 137).

Tropistische Bewegungen werden vor allem durch den Schwerkraftreiz und durch das Licht bewirkt.

Als Geotropismus wird die Fähigkeit sehr vieler Pflanzen bezeichnet, auf den Reiz der Erdschwere mit Richtungsbewegungen zu antworten. Richtungsbewegungen, welche durch jenen Reiz hervorgerufen werden, heißen geotropische.

Die gesetzmäßige Einstellung wachsender Pflanzenorgane zu der Richtung des Erdradius hat auf das Bild der von Pflanzenwuchs bedeckten Erdoberfläche tiefgreifenden Einfluß. Der lotrechte Wuchs der Stämme eines Waldes und die Ausbreitung ihrer Nebenäste zu schattenspendenden Kronen stellen ebensogut Reaktionen der Pflanzen auf den Reiz der Erdschwere dar wie das Streben der Wurzeln in die Tiefe und die horizontale Ausbreitung vieler Rhizome.

Ein aufwärts wachsender Tannengipfel befindet sich in geotropischer Ruhelage, solange er in der Richtung des Erdradius eingestellt bleibt. Wird er gewaltsam aus dieser Lage gebracht, so erfolgt geotropische Krümmung bis der Gipfel wieder lotrecht steht und wie vorher durch sein Wachstum sich vom Erdmittelpunkt immer mehr entfernt.

Geotropismus, welcher alle nach oben wachsenden Pflanzenteile in ihrer Wachstumsrichtung bestimmt, heißt negativer Geotropismus: negativ geotrop sind die Stämme und Stengel der Pflanzen, die Blätter mancher Monokotyledonen, nur ausnahmsweise die Wurzeln. Fig. 123 veranschaulicht den negativen Geotropismus an den Nebenästen eines gewaltsam gebogenen Rosenzweiges: alle Seitenäste wenden sich kerzengerade nach oben, gleichviel welcher Flanke des Hauptsprosses sie entsprießen.

Fig. 123. Negativer Geotropismus: die Seitenäste eines bogenförmig gekrümmten Rosenzweiges wachsen sämtlich lotrecht in die Höhe.

Die Wurzel einer keimenden Bohne befindet sich in geotropischer Ruhelage, solange sie ihre Spitze vertikal nach unten, d. h. zum Erdmittelpunkt hin wachsen läßt. Ihr Geotropismus ist positiv, d. h. sie wächst veranlaßt durch den Reiz der Erdschwere nach unten. Die Hauptwurzeln der Pflanzen sind durchweg positiv geotrop. Wird ein positiv geotropes Organ aus seiner senkrechten Lage gebracht, so krümmt es sich durch Wachstum nach unten, bis die Spitze wieder die geotropische Gleichgewichtslage erreicht hat (Fig. 124).

Transversalgeotropismus liegt bei denjenigen Organen vor, die unter dem Einfluß der Gravitation horizontal wachsen, wie viele Rhizome oder Ausläufer (s. o. S. 25). Unter demselben Einfluß stellen sich die Seitensprosse und -wurzeln erster Ordnung bei vielen Pflanzen in einem bestimmten Winkel zum Erdradius ein (Fig. 50). Transversal geotrop stellen sich ferner die Laubblätter und Blüten vieler Pflanzen ein. —

Die Krümmungen der geotropisch reizbaren Organe erfolgen durch Streckung der noch im Wachstum begriffenen Teile: bei negativ geotropen

Organen wächst die der Erde zugewandte Flanke stärker als die ihr gegenüberliegende, der Erde abgewandte. Umgekehrt ist bei positiv geotropen Organen die dem Erdmittelpunkt abgewandte Flanke im Längenwachstum gefördert. In manchen Fällen können Organe, die ihr Wachstum schon abgeschlossen haben, durch den Schwerkraftreiz zu neuem Wachstum angeregt werden und durch Wachstum ihre geotropischen Bewegungen ausführen. Beispiele hierfür geben die Grashalme. Werden diese durch Regen oder Wind aus ihrer lotrechten Haltung gebracht und zu Boden geworfen, so wachsen ihre Knoten an der Unterseite, d. h. an der Flanke, welche nach der Niederlegung des Halmes der Erde zugewandt ist, stark in die Länge. Durch die gemeinsame Wachstumsarbeit mehrerer Knoten wird der Halm wieder aufgerichtet (Fig. 125).

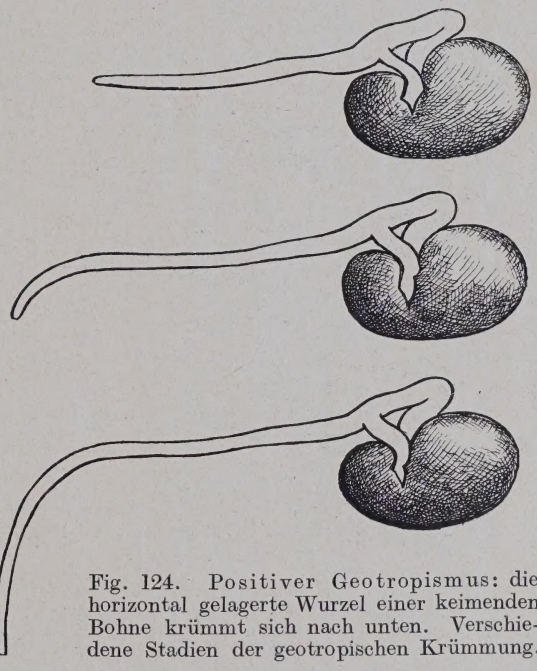


Fig. 124. Positiver Geotropismus: die horizontal gelagerte Wurzel einer keimenden Bohne krümmt sich nach unten. Verschiedene Stadien der geotropischen Krümmung.

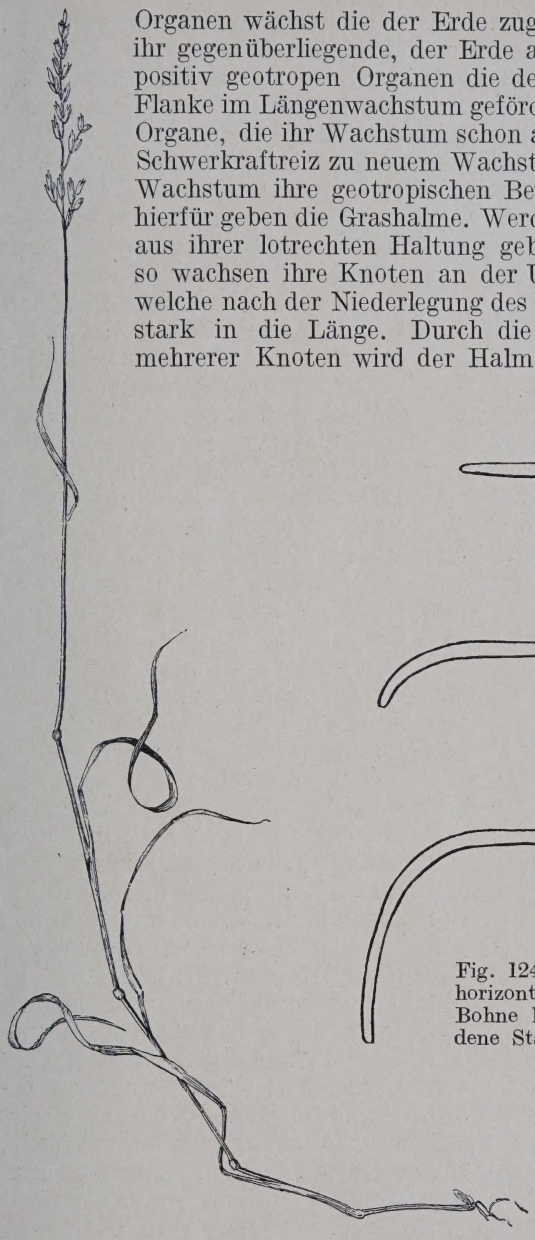


Fig. 125. Negativer Geotropismus: Aufrichten eines niedergelegten Grashalmes durch geotropisches Wachstum der Blattknoten.

Unabhängig vom Wachstum sind die geotropischen Bewegungen der mit Blattpolstern ausgestatteten Blätter (*Phaseolus* u. a.). Ausgewachsene und zur Wiederaufnahme des Wachstums unfähige Blätter führen jene Bewegungen aus, die nur durch reversible Änderungen des Turgordruckes der Zellen der Blattpolster oder „Gelenke“ bewirkt werden. Als Gelenke werden die an der Basis der Blattstiele oder am Grund der Blättchen gefiederter Spreiten liegenden

Verdickungen bezeichnet (vgl. Fig. 130), welche vorzugsweise aus saftigem, weichem Gewebe bestehen und daher leicht deformierbar sind

Die Gravitation wirkt naturgemäß stets nur von einer Seite auf die Pflanzen. Es gelingt, die einseitige Schwerewirkung für die Pflanzen auszuschalten, wenn man sie um eine horizontale Achse langsam rotieren läßt, derart, daß alle Flanken des Gewächses während einer 10 oder 20 Minuten währenden Umdrehung nacheinander in gleiche Lage zur Erde kommen. An dem solche Rotation bewirkenden Apparate, dem Klinostaten, kommen geotropische Krümmungen nicht mehr zustande.

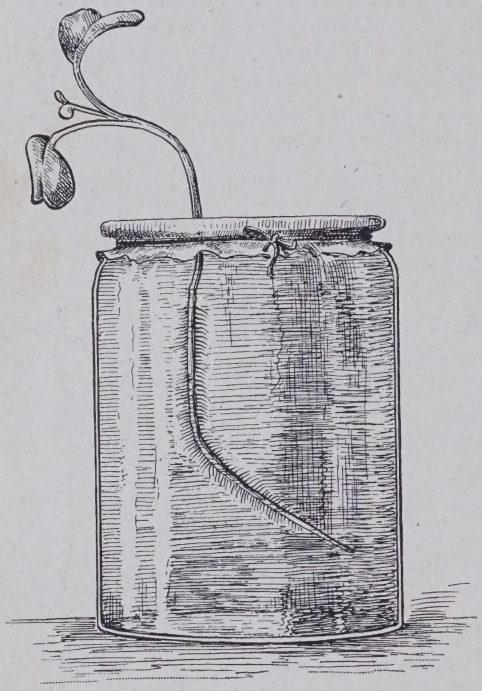


Fig. 126. Positiver und negativer Heliotropismus: der Sproß eines in Wasser gezogenen Senfkeimlings wendet sich dem Lichte zu, seine Wurzel vom Lichte fort.

Heliotropismus oder Phototropismus ist die Fähigkeit vieler Pflanzenorgane, durch die Richtung der Lichtstrahlen sich in ihrer Orientierung gesetzmäßig beeinflussen zu lassen.

Positiver Heliotropismus führt die Sproßspitzen der meisten Pflanzen zum Lichte hin (Fig. 126); negativer Heliotropismus läßt die Wurzeln mancher Pflanzen, des Senfs u. a. (Fig. 126) vom Lichte fort wachsen; der Transversalheliotropismus schließlich veranlaßt die Einstellung vieler Laubblätter in der Richtung senkrecht zu den einfallenden Lichtstrahlen. (Fig. 127.)

Die Wachstumsvorgänge, welche die heliotropischen Krümmungsbewegungen herbeiführen und die heliotropisch reizbaren Organe in ihre heliotropische Ruhelage bringen, entsprechen den oben für die geotropischen Krümmungen beschriebenen: ein Sproß, der bei seitlicher Belichtung seine ursprüngliche vertikale Haltung aufgibt und sich zum Lichte hinwendet, wächst auf der belichteten Seite schwächer als auf der Schattenseite usw.

Nicht alle Abschnitte des Spektrums haben gleiche Wirksamkeit: blaues und violettes Licht wirken stärker als rote Strahlen. Läßt man eine Pflanze von der einen Seite mit blauem, von der andern mit rotem Licht bestrahlen, so wendet sich die Pflanze dem blauen Lichte zu

Wie geotropische werden von den mit „Gelenken“ ausgestatteten Blättern auch heliotropische Variationsbewegungen ausgeführt. Während diejenigen Blätter, die durch Wachstum ihre heliotropische Einstellung erreichen, die Bewegungen nur bis zum Abschluß ihrer Wachstumsfähigkeit ausführen können und die bei ihm erreichte Lage beibehalten müssen („fixe Lichtlage“), sind die mit Gelenkpolstern ausgestatteten Pflanzen imstande, jedem Wechsel in der Belichtungsrichtung auch noch im ausge-

wachsenen Zustand durch Variationsbewegungen zu folgen („variable Lichtlage"). —

Wird eine Pflanze von allen Seiten belichtet, so entscheidet, wie die Beobachtung der am Fenster stehenden Zimmerpflanzen u. a. lehrt, die Richtung des sie treffenden stärksten Lichtes; läßt man das Licht von allen Seiten gleichstark auf die Pflanzen wirken, so tritt keine Krümmung ein. Der einfachste Weg hierzu ist, vor einer beliebigen Lichtquelle die Pflanzen auf einen Apparat zu setzen, der um eine vertikale Achse dauernd rotiert und alle Flanken des Versuchsobjekts von derselben Lichtquelle bestrahlen läßt. —

Viele Organe der Pflanzen reagieren, wie das Vorangehende bereits gezeigt hat, auf Reize der verschiedensten Art mit tropistischen Bewegungen.

Die Wurzeln, deren Geo- und Heliotropismus wir bereits kennengelernt haben, reagieren auch auf einseitig angreifende chemische Reize, indem sie zu der Reizquelle hin oder von ihr fortwachsen (positiver oder negativer Chemotropismus); sie suchen die wasserreichen Stellen des Erdbodens auf (positiver Hydrotropismus) und sind auch durch Sauerstoffzufuhr in der Richtung des Wachstums zu beeinflussen (Aërotropismus).

Organe, die durch Reizempfindlichkeit besonderer Art gekennzeichnet werden, sind die Ranken (s. o. S. 32 und Fig. 42 und 43): auf einseitige Berührung mit einem festen Körper reagieren sie mit starker Förderung des Wachstums an dem der Kontaktstelle gegenüberliegenden Teil; die Ranke krümmt sich und beginnt die sich ihr bietende Stütze zu umklammern. Ihr hiermit betätigter Tropismus wird als Haptotropismus (oder Thigmotropismus) bezeichnet. Das Erfassen einer Stütze wird den Ranken dadurch erleichtert, daß sie vor der Verankerung an einer solchen mehr oder minder lebhafte autonome Bewegungen (Zirkumnutationen s. o.) ausführen. Nach Umklammerung der Stütze nimmt der zwischen ihr und der Abstammungsachse gelegene Teil der Ranke sprungfederartige Windungen an (Fig. 128). Außer den Ranken zeigen namentlich auch die Blätter und Blattstiele mancher Kletterpflanzen die Fähigkeit, auf Kontakt mit Wachstumskrümmungen zu reagieren (vgl. Fig. 129). —

Fig. 127. Positiver und Transversalheliotropismus: die Sproßspitze und die Schoten des Knoblauchkrauts (*Alliaria officinalis*) sind positiv heliotrop, die Blätter transversalheliotrop.

Nur mittelbar von den Reizen abhängig, durch welche die Außenwelt auf die Pflanze wirkt, sind die Autotropismen. Als autotropische Krümmungen werden diejenigen bezeichnet, durch welche helio-, geo- oder haptotropische Krümmungen nach Aufhören des Reizes, der sie veranlaßt hat, wieder rückgängig gemacht oder ausgeglichen werden. Pflanzen, die sich unter der Einwirkung einseitiger Belichtung gekrümmt haben, strecken

sich im Dunkeln wieder gerade usw. Der Anlaß zu den Rückkrümmungen liegt insofern im Innern der Pflanze selbst, als die unter dem Einfluß des

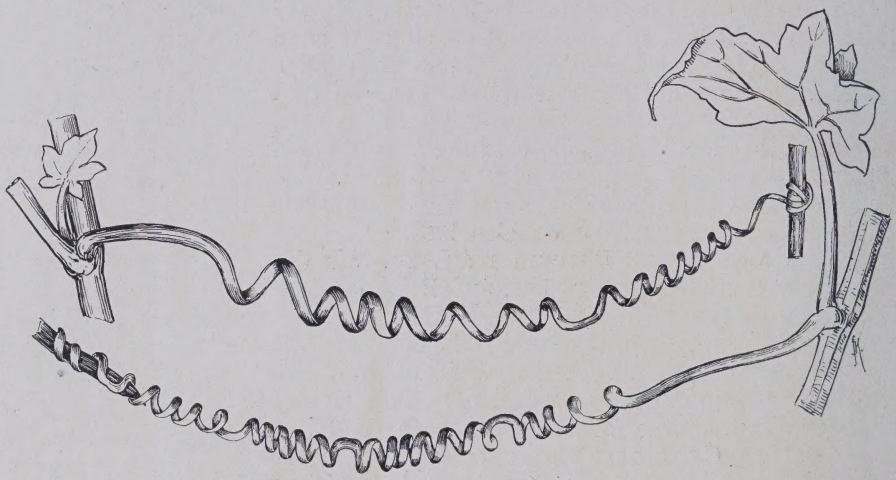


Fig. 128. Haptotropismus: zwei Ranken der Zaunrübe (*Bryonia dioica*), die sich an den Stützen festgelegt und sprungfederartige Windungen angenommen haben.

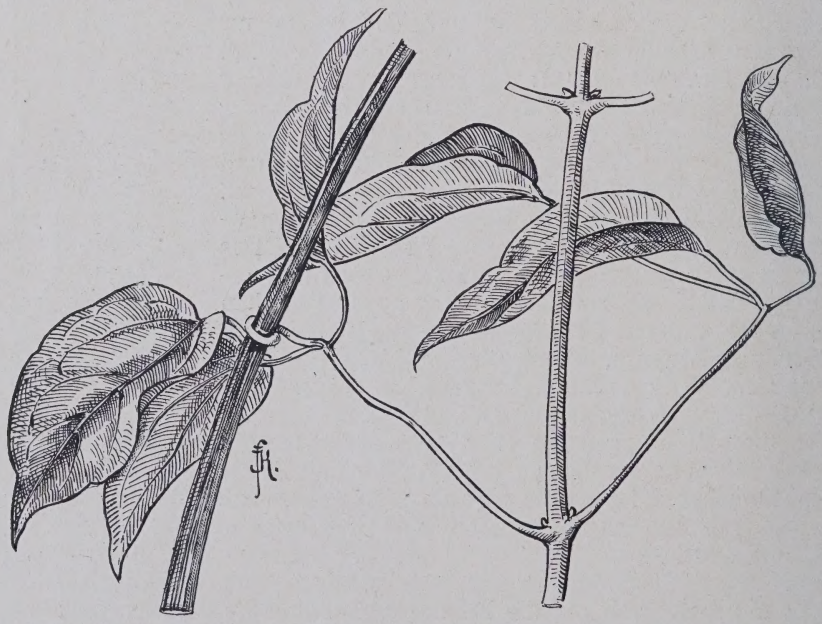


Fig. 129. Haptotropismus: die Spindel eines *Clematis*-Blattes hat sich um eine Stütze geschlungen.

Licht- oder Schwere- oder Berührungsreizes entstandene Krümmung selbst es ist, die zu der erneuten tropistischen Wachstumsleistung anregt. —

Die **nastischen Bewegungen** sind vorzugsweise Variationsbewegungen. Die auffälligsten unter ihnen sind die Bewegungen, welche die Sinnpflanze (*Mimosa pudica*) nach Berührung oder Erschütterung oder nach anderen Reizungen ausführt. Ihre fingerförmig geteilten, gefiederten Blätter sind im ungereizten Zustand so ausgebreitet, wie Fig. 130 es zeigt. Wird die Pflanze kräftig genug erschüttert, so nimmt sie das in Fig. 131 dargestellte Aussehen an: die Fiederblättchen klappen zusammen, die fingerartigen

Fig. 130. Seismonastie der Sinnpflanze (*Mimosa pudica*): Zweig einer ungereizten Pflanze mit hochgestellten Stielen, gespreizten Blattfingern und ausgebreiteten Blättchen. Am Grunde des Blattstiels des untersten Blattes ist das „Gelenk" deutlich erkennbar (s. o. p. 141).

Sekundärstiele nähern sich einander wie die Speichen eines Fächers, und der Blattstiel klappt nach unten. Die Fähigkeit der Pflanzen, auf Erschütterung mit nastischen Bewegungen zu reagieren, wird als Seismonastie bezeichnet.

Betrifft die Reizung nicht die ganze Pflanze, sondern nur einen Teil von ihr, etwa die Spitze eines Blattes, so klappen zuerst die unmittelbar gereizten, an der Spitze eines Blattfingers stehenden Blättchenpaare zusammen, dann der Reihe nach die basipetal folgenden. War der Reiz kräftig genug, so folgen ihnen die Blättchenpaare der anderen Blattfinger — zuerst die basalen, dann die apikalen. Hierauf nähern sich die Blattfinger einander,

und schließlich klappt das ganze Blatt herunter. Ja sogar auf die Nachbarblätter kann der Reiz sich fortpflanzen und an ihnen dieselben nastischen Erscheinungen hervorrufen wie an dem unmittelbar gereizten ersten Blatt.

Seismonastische Bewegungen werden bei der Venusfliegenfalle (*Dionaea*, s. o. S. 115) beobachtet, deren zum Tierfang eingerichteten Spreitenhälften nach Berührung durch ein Insekt sich zusammenlegen, — weiterhin an den Staubblättern verschiedener Pflanzen, namentlich an den oben bereits erläuterten Filamenten der Zynareen (s. o. Fig. 122). —

Fig. 131. Seismonastie der Sinnpflanze (*Mimosa pudica*): der in Fig. 130 dargestellte Zweig nach Erschütterung; die Stiele sind gesenkt, die Blattfinger aneinander genähert, die Blättchen nach vorn und nach oben paarweise zusammengefaltet.

Dieselben Mimosen, deren Seismonastie uns beschäftigt hat, führen unabhängig von mechanischer Reizung nyktinastische oder Schlafbewegungen aus, d. h. sie falten ihre Blätter bei Nacht zusammen und breiten sie bei Tag wieder aus; die Tagstellung entspricht Fig. 130, die Nachtstellung der folgenden Abbildung. Analoge nyktinastische Bewegungen führen auch die Blätter anderer Leguminosen aus.

Die nyktinastischen Bewegungen erfolgen zwar in demselben Rhythmus, in dem Tag und Nacht miteinander wechseln, sind aber von Belichtung und Verdunkelung ebenso unabhängig wie von den Temperaturunterschieden, welche die helle und die dunkle Tageszeit zu kennzeichnen pflegen. Auch bei konstanter Temperatur und ununterbrochener Verdunkelung erzogene Bohnen zeigen Schlafbewegungen, so daß es nahe lag, diese als autonome Bewegungen anzusprechen. Neuere Untersuchungen haben gelehrt, daß außer den Faktoren, welche üblicherweise bei physiologischen Untersuchungen in Rechnung gezogen werden, noch andere tagesperiodisch wechselnde Außenweltsbedingungen in Betracht kommen, die recht wohl imstande sein könnten, periodische Bewegungen hervorzurufen oder irgendwelche Lebensäußerungen der Pflanzen zeitlich regulierend und

fixierend zu beeinflussen. Die elektrische Leitfähigkeit der Atmosphäre zeigt eine ähnliche Tageskurve wie die nyktinastischen Bewegungen der Bohnenblätter: es muß mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß sie es ist, durch welche die Bewegungen der im Dunkeln und bei konstanter Temperatur gehaltenen Pflanzen bewirkt oder reguliert wird.

Man bezeichnet die nyktinastischen Bewegungen als Schlafbewegungen; man spricht von Pflanzenschlaf, Schlafstellung usw. Mit dem Schlaf der höheren Tiere haben jene Erscheinungen schon deshalb wenig gemeinsam, weil dieser in erster Linie durch den Ausfall aller Bewußtseinsprozesse gekennzeichnet wird und durch die starke Herabsetzung in der Erregbarkeit der Großhirnrinde und überhaupt des Nervensystems gekennzeichnet wird. Symptome dieser Art sind natürlich bei Pflanzen nicht vorhanden und nicht zu erwarten. Tierschlaf und „Pflanzenschlaf" stimmen darin überein, daß sie tagesperiodische Erscheinungen sind. Daß vielleicht die nämlichen Außenweltfaktoren irgendwelchen — vielleicht reguliereden — Einfluß auf beiderlei Erscheinungen haben, ist nicht unmöglich, aber noch nicht erwiesen.

Während die nyktinastischen Krümmungen der Mimosen den Charakter von Variationsbewegungen haben, können die Blätter anderer Pflanzen durch Wachstum sich nyktinastisch bewegen (Chenopodiazeen); sie stellen ihre Bewegungen natürlich ein, sobald sie ausgewachsen sind.

Auch Blüten (*Nymphaea*) und Blütenstände (Kompositen) können nyktinastische Wachstumsbewegungen ausführen.

Die Bewegungen der Tulpen- und Krokusblüten, die sich im warmen Zimmer öffnen, im Freien schließen (thermonastische Bewegungen), sind ebenfalls auf Wachstum zurückzuführen.

* * *

Zu den Voraussetzungen jeder Reizbewegung gehört es, daß der wirksame Reiz von der Pflanze perzipiert oder „wahrgenommen" wird. Perzeption läßt sich zunächst nicht besser definieren, denn als Gesamtheit der ersten Veränderungen im physiologischen Zustand einer Zelle, die durch die unmittelbare Einwirkung eines Reizes hervorgerufen werden, und welche unter geeigneten Umständen eine Reizreaktion vorzubereiten imstande sind.

Es darf angenommen werden, daß alle lebendigen Zellen einer Pflanze durch Belichtung in ihrem physiologischen Zustand mehr oder weniger stark beeinflußt werden können. Nur diejenigen Zellen aber werden wir als reizperzipierende bezeichnen wollen, die besonders schnell und leicht beeinflußt werden, und welche selber durch den Reiz zu einer Reaktion angeregt werden oder imstande sind, ihn an andere Zellen weiter zu geben, d. h. anderen Zellen den irgendwie gearteten Erregungszustand mitzuteilen und sie dadurch zu einer Reaktion zu veranlassen.

Zellen, welche die Eigenschaften zur Perzeption eines Reizes besitzen, werden in der Tierphysiologie als Sinneszellen, die aus ihnen aufgebauten oder durch sie charakterisierten Organe als Sinnesorgane bezeichnet, von welchen der Reiz oft auf weite Strecken und mit großer Geschwindigkeit zu den reaktionsfähigen Stellen fortgeleitet wird.

Wie steht es hierin bei den Pflanzen?

Für die Keimlinge mancher Gräser (*Panicum miliaceum* u. a.) läßt sich nachweisen, daß die Spitze des Kotyledons den Lichtreiz perzipiert, der das Pflänzchen zu positiv heliotropen Krümmungen veranlaßt, und

daß das unter dem Kotyledon befindliche Achsenstück die Krümmung ausführt, während die Kotyledonen selbst nur ganz schwach krümmungsfähig sind. Werden die perzeptionsfähigen Spitzen der Kotyledonen verdunkelt, so führen die Keimlinge keine Krümmungen aus, auch wenn die reaktionsfähigen Achsenteile des Pflänzchens dem Lichte ausgesetzt bleiben.

Gewöhnlich sind Reaktions- und Perzeptionszone nicht so scharf geschieden. Die Blätter der Kapuzinerkresse stellen sich mit ihren Spreiten transversal-heliotrop ein; sie perzipieren mit den Spreiten den Lichtreiz, die Blattstiele aber führen die Bewegung aus. Diese letzteren sind aber auch ihrerseits zum Perzipieren des Lichtreizes befähigt.

Bei den Wurzeln sind vornehmlich die Spitzen dem Schwerkraftreiz gegenüber perzeptionsfähig, die Streckungszone (s. o. Fig. 121 a und 124) in erster Linie reaktionsfähig. Wie dem geotropischen wird auch anderen tropistischen Reizen gegenüber die Abgrenzung der Reaktionszone der Wurzel von ihrer Perzeptionszone mehr oder weniger unscharf.

Von Sinnesorganen der Pflanzen hat man in denjenigen Fällen gesprochen, in welchen man in den reizperzipierenden Organen besondere Strukturen gefunden hat und sie mit der spezifischen Funktion jener Organe in Beziehung bringen zu dürfen glaubte.

Als Sinnesorgan, das den Schwerkraftreiz zu perzipieren vermag, hat man vor allem die mit beweglicher Stärke ausgestatteten Zellengruppen der Wurzelspitze angesprochen.

Es kann kaum zweifelhaft sein, daß die Perzeption des Schwerkraftreizes durch irgendeine Druckwirkung vermittelt wird. Fraglich bleibt, ob für diese die in allen lebendigen Zellen vorhandenen Bestandteile genügen, oder ob für die den Schwerkraftreiz wahrnehmenden Zellen Inhaltskörper besonderer Art benötigt werden, welche auf die Protoplasmaschicht den erforderlichen Druck ausüben.

Die Vertreter der „Statolithentheorie“ nehmen an, daß die in den Zellen der Wurzelspitzen liegenden Stärkekörner entscheidende Bedeutung für die Perzeption des Schwerkraftreizes haben. Ist eine positiv geotrope Wurzel in ihrer geotropischen Ruhelage, so liegen die Stärkekörner so, wie Fig. 132 es veranschaulicht. Wird die Wurzel in horizontale Lage gebracht, so lagern sich die Stärkekörner um, rollen dem Gesetz der Schwere folgend an den nunmehr tiefsten Teil der Zelle und belasten ein Areal der Protoplasmaschicht, das solchem Druck bisher nicht ausgesetzt war. Diese Druckwirkung wird perzipiert, und die Wurzel wendet sich — ihrem positiven Geotropismus folgend — durch Wachstum derart, daß ihre Spitze wieder in die ursprüngliche Ruhelage kommt, oder die Stärkekörner wieder so liegen wie zuvor. Die hier beschriebene Einrichtung gleicht in allen wesentlichen Zügen den Statozysten und Statolithenapparaten vieler Tiere.

Analog wirkende, perzeptionvermittelnde Einrichtungen hat man in den mit beweglicher Stärke ausgestatteten Zellen, welche die Gefäßbündel negativ geotroper Achsenorgane umgeben, zu finden geglaubt.

So geistvoll die Lehre von den Statolithen der Pflanzen auch erdacht und verfochten worden ist, stehen ihrer Annahme doch gewichtige Bedenken entgegen.

Dieselben Zweifel sind gegenüber den als lichtreizperzipierende Sinnesorgane beschriebenen Strukturen am Platze.

Bei vielen Pflanzen haben die Epidermiszellen der Blätter die Form von Sammellinsen (Fig. 133 a, b). Befindet sich eine transversal heliotrope Blattspreite in ihrer heliotropischen Ruhelage, so muß das von den linsenförmigen Epidermiszellen gesammelte Licht die Innenwand der Epidermiszellen in der Mitte am stärksten beleuchten. Steht das Blatt schräg zur Richtung der einfallenden Lichtstrahlen, so wird die Innenwand exzentrisch beleuchtet. Die Theorie nimmt an, daß diese Verschiebung des Lichtfleckes von dem Protoplasma wahrgenommen wird und den Anlaß zu den heliotropischen Krümmungen abgibt. Als besonders komplizierte Linsenapparate sind die zweizelligen „Ozellen" der *Fittonia* (Fig. 133 c) beschrieben worden.

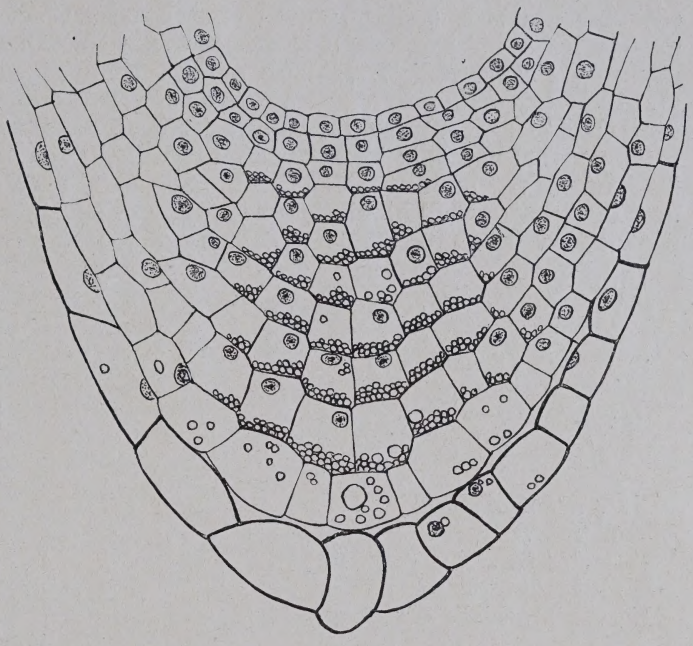
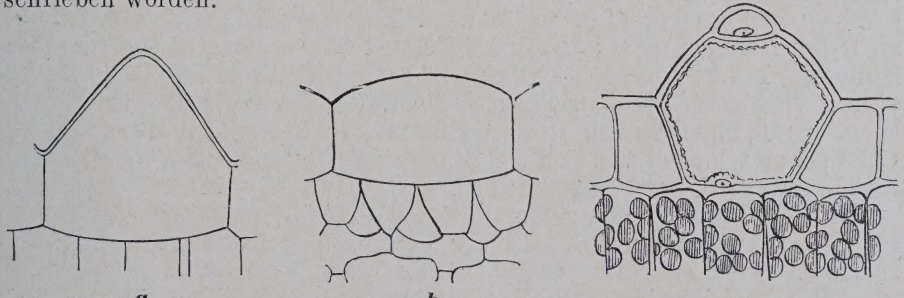


Fig. 132. Perzeption des Schwerkraftreizes; Spitze einer positiv geotropen Wurzel in geotropischer Ruhelage. Nach Nemec.



a *b* *c*

Fig. 133. Perzeption des Lichtreizes; *a* und *b* linsenförmige Epidermiszellen, *c* zweizelliges „Sinnesorgan" eines *Fittonia*-Blattes. Nach Haberlandt.

Als Sinnesorgane, die der Perzeption haptotropischer Reize dienen, hat man die in den Ranken mancher Pflanzen gefunden Tüpfel der Epidermisaußenwände beschrieben. —

Eine Befähigung zur Reizleitung muß für alle diejenigen Fälle angenommen werden, in welchen andere Teile eines Pflanzenorgans als die

von dem Reiz unmittelbar getroffenen durch ihn zu einer Reaktion veranlaßt werden.

Bei den heliotropisch sich krümmenden Keimlingen der Gramineen oder bei den sich positiv geotrop einstellenden Wurzelspitzen bedarf es nur einer Transmission des Reizes über wenige Millimeter. Bei der Sinnpflanze (*Mimosa pudica*) läßt sich an den Klappbewegungen der Blätter und Blättchen die Fortleitung des Reizes auf viele Zentimeter lange Strecken deutlich verfolgen. In solchen Fällen ist auch die Schnelligkeit der Reizleitung verhältnismäßig leicht zu ermitteln.

Einen Vergleich über die Geschwindigkeit der Reizleitung bei Tieren und Pflanzen ermöglicht die folgende Zusammenstellung, in der angegeben wird, wie viele Zentimeter pro Sekunde der Reiz sich fortpflanzt:

Wurzelspitzen, geotropischer Reiz	0,0003
Ranken von *Cyclanthera*, haptotropischer Reiz	0,006
Tentakeln von *Drosera*	0,013
Blatt von *Dionaea*	0,2—0,5
Blattstiele von *Mimosa*	0,8—10,0
Herzmuskel von *Ciona*	2—3,5
Olfactorius des Hechtes bei 5°	7,0
„ 20°	20,0
Nerven der *Aplysia*	40,0
Mantelnerven der Zephalopoden	80,0—100,0
Musculus sartorius beim Frosch (15—22°)	330—540
Muskeln des Menschen	1000
Nervus brachialis des Menschen (37°)	12 000

Wie ersichtlich, ist die Reizleitung bei höheren Tieren ungleich schneller als bei Pflanzen. —

Wie und durch welche Elemente der Reiz im Pflanzenkörper geleitet wird, ist erst unvollkommen erforscht. Fest steht zunächst, daß den Pflanzen eigene Reizleitungsbahnen und nervenähnliche Strukturen fehlen. Für viele Fälle darf es als sicher gelten, daß der Reiz von Zelle zu Zelle, wohl unter Vermittlung der Plasmodesmen, geleitet wird. Neuerdings haben Untersuchungen an Graskeimlingen aber auf die Möglichkeit hingewiesen, daß es zur Reizleitung im Pflanzenkörper nicht einmal der plasmatischen Kontinuität bedürfe: schneidet man die Spitzen der Kotyledonen geeigneter Gramineenkeimlinge ab, und bringt man zwischen sie und den Stumpf eine dünne Schicht Gelatine, so wird der von den Spitzen perzipierte Reiz durch die Gelatineschicht an den Stumpf weitergegeben.

Wie sich im intakten Pflanzenkörper die Anteile des Holzkörpers oder des Rindenzylinders zur Reizleitung eignen, bedarf der näheren Untersuchung. —

Der Eintritt einer Reaktion setzt voraus, daß ein geeigneter Reiz hinreichend lange und stark genug eingewirkt hat. Reize, welche allzu kurze Zeit wirken, oder deren Intensität zu schwach ist, werden zwar perzipiert, lassen aber keine Reaktion eintreten. Diejenige Reizgröße, bei welcher gerade noch eine Reaktion wahrnehmbar wird, heißt die Reizschwelle. Als Präsentationszeit wird diejenige Mindestfrist bezeichnet, während welcher ein Organ gereizt werden muß, wenn eine Reaktion eintreten soll.

Völlig wirkungslos sind aber auch unterschwellige, d. h. an Intensität

oder Wirkungsdauer unter der Reizschwelle bleibende Reize nicht; bei intermittierender Reizung stellt sich heraus, daß durch wiederholte unterschwellige Reize allmählich eine zu wahrnehmbarer Reaktion führende Reizsummation erreicht wird, vorausgesetzt, daß zwischen den einzelnen unterschwelligen Reizungen nicht allzu lange Fristen verstreichen, während welcher die durch jeden Einzelreiz hervorgerufene Erregung wieder völlig abklingen könnte.

Nun hat sich zeigen lassen, daß die Länge der phototropischen Präsentationszeit mit der Intensität des angewandten Lichtes gesetzmäßig wechselt: je schwächer das Licht, um so längere Zeit muß belichtet werden, damit gerade noch eine Reaktion eintritt. Das entscheidende und für ein Organ bestimmter Art konstante ist die erforderliche Reizmenge, d. i. das Produkt aus Reizdauer und Reizintensität.

Für die reflektorischen Reizreaktionen des tierischen Körpers ist bekannt, daß dann, wenn überhaupt der Reiz stark genug war, um eine Reaktion zu bewirken, der Reizerfolg sogleich maximal ausfällt, d. h. durch Steigerung der Reizintensität nicht weiter gesteigert werden kann. Reizvorgänge dieser Art sind Auslösungsprozesse: die Energiemenge, die bei der Reizung dem betreffenden Organ zugeführt wird, läßt keine Proportionalität zu der Energiemenge erkennen, die bei dem Reizvorgang umgesetzt wird, da die zugeführte Energie lediglich dazu dient, die im Organismus gespeicherte potentielle Energie in aktuelle umzusetzen. Diesem Typus des „Alles oder Nichts" entsprechen auch manche am Pflanzenkörper beobachteten Reizvorgänge z. B. wie die seismonastischen Bewegungen. Für eine Reihe anderer Bewegungserscheinungen hat aber die Pflanzenphysiologie nachweisen können, daß sie dem vom Reizmengengesetz beherrschten Typus angehören, d. h. die Reizmenge entscheidet nicht nur über Eintreten und Ausbleiben einer Reaktion, sondern innerhalb bestimmter Grenzen auch über die Intensität der Reaktion.

Wenn auf ein zu tropistischen Bewegungen befähigtes Organ von allen Seiten gleich starke Reize derselben Art wirken, so tritt keine Reaktion ein: wird von einer Seite her das Organ besonders stark gereizt, so erfolgt eine Reaktion in dieser bevorzugten Richtung — vorausgesetzt, daß in ihr die Überlegenheit der Reizintensität groß genug ist. Gemäß dem Weberschen Gesetz der Psychophysiker ist für das Zustandekommen einer Reaktion eine um so höhere Überlegenheit der Reizstärke in der bevorzugten Richtung erforderlich, je stärker dasselbe Organ in den anderen Richtungen von demselben Reiz angegriffen wird. Die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes für die an Pflanzen beobachteten Reizvorgänge läßt sich besonders leicht mit Hilfe chemotaktisch reagierender Organismen dartun. Die Spermatozoën der Farnkräuter reagieren auf Apfelsäure positiv chemotaktisch (S. 138); die Reizschwelle wird schon mit einer Konzentration von 0,001 % erreicht. Dieser Wert gilt aber nur für Spermatozoën, die in reinem Wasser sich befinden und in ihm der Wirkung der einseitig zuströmenden Apfelsäurelösung ausgesetzt werden; bewegen sie sich aber von vornherein in einer solchen, so bedarf es, um eine chemotaktische Einstellung der Zellen zu bewirken, einer Lösung, die 30 mal konzentrierter ist als die, welche die Zellen allseits umspült.

Auch die tropistischen Bewegungen der höheren Pflanzen lassen Erscheinungen erkennen, die durch ihre Abhängigkeit vom Weberschen Gesetz erklärt werden (Geotropismus, Chemotropismus). —

Wird ein heliotropisch empfindliches Organ von zwei verschieden gerichteten, gleich starken Lichtbündeln bestrahlt, so stellt es sich in der Richtung der Winkelhalbierenden ein. Sind die beiden verschieden gerichteten Reize auch verschieden stark, so nimmt das Organ eine Richtung an, die dem Satz vom Parallelogramm der Kräfte entspricht. Wie für den Heliotropismus gilt das Resultantengesetz auch für andere tropistische Reizvorgänge (Haptotropismus u. a.). Besonders anschaulich läßt es sich für phototaktisch bewegliche Organismen bestätigen: sie schlagen diejenige Richtung ein, bei der sie auf beiden Flanken von denselben Lichtmengen getroffen werden. —

Die durch einen Reiz bewirkte Reaktion ist in ihren Qualitäten von vielen Umständen abhängig, die nicht in dem reizenden Agens selber gelegen sind. Eine Reaktion kann mehr oder minder deutlich abgeschwächt werden, wenn irgendwelche wirksame Außenweltsfaktoren ihrer vollkommenen Auswirkung im Wege sind. Geotropische Krümmungen z. B. können schon durch schwache Lichtreize inhibiert oder aufgehalten werden: Sprosse, die dem vom Fenster her auf sie fallenden Lichte sich zuwenden, verraten in ihrer Haltung nichts mehr von ihrem negativen Geotropismus.

Die Außenweltfaktoren vermögen nicht nur den Grad der Erregbarkeit der Pflanzen zu verändern, die Dauer der Präsentationszeit zu beeinflussen usw., sondern auch durch völlige Umschaltung der tropistischen Befähigungen überraschende Wirkungen zu erzielen. Namentlich durch Änderungen der Temperatur- und Belichtungsverhältnisse wird dem Geotropismus vieler Organe ein neuer Charakter aufgeprägt: Rhizome und Ausläufer, die im Dunkeln transversal-geotropisch wachsen, werden am Licht negativ oder positiv geotrop u. ähnl. m. Dergleichen Änderungen in der Reaktionsweise bezeichnet man als Wechsel der „Stimmung" der Pflanzen oder Pflanzenorgane.

Stimmungswechsel kann auch ohne besondere Einwirkungen der Außenwelt und unter dem Einfluß der durch den Organismus und seine Lebenstätigkeit selbst geschaffenen und veränderten inneren Bedingungen erfolgen. Die Rhizome von *Acorus calamus* (s. o. Fig. 30) und andere sympodial gebaute Wurzelstöcke wachsen zunächst transversal geotropisch und werden später spontan zu negativ geotropen Laubsprossen; die Blütenstiele der *Linaria cymbalaria* (Zymbelkraut) sind positiv, ihre Fruchtstiele negativ heliotrop usw.

7. Vermehrung, Sexualität, Vererbung.

Zu den Eigenschaften, die auch schon dem Laien die Verwandtschaft zwischen Tier und Pflanze deutlich machen, ist die Fähigkeit beider Organismenklassen zur **Vermehrung** oder Fortpflanzung.

Die Vermehrungstätigkeit der Pflanzen ist nicht nur ziffermäßig sehr ergiebig, sondern oft auch durch die Mannigfaltigkeit der Fortpflanzungsmodi bemerkenswert, die einer und derselben Spezies zur Verfügung stehen.

Die Vermehrungstätigkeit der Pflanzen stellt die der Tiere in mehr als einer Beziehung in Schatten. Es gibt keine Tiere, die sich so schnell vermehren wie die niedrigsten pflanzlichen Organismen, die Bakterien, von welchen manche Formen schon in 20 Minuten zur doppelten, binnen einer Stunde zur achtfachen Individuenzahl sich vermehren können, da jedes

Individuum schon im Alter von 20 Minuten zur Vermehrung schreiten kann; die Kleinheit des einzelnen Individuums erklärt diese Geschwindigkeit. Es gibt keine Tiere, die so stark sich vermehren wie manche niedere Pflanzen; auch die 75 Millionen Eier, die man für einen mit 1500 Gliedern ausgestatteten Bandwurm in Rechnung bringen muß, werden z. B. durch die Sporenproduktion eines Schimmelpilzes übertroffen, der — entsprechend seiner Fähigkeit zu unbegrenztem Wachstum — auch unbegrenzt seine sporentragenden Organe zu entwickeln vermag, so daß die Zahl der Fortpflanzungszellen, zu deren Produktion er bei günstigen äußeren Umständen befähigt ist, nicht geringer als ∞ ist. Es gibt namentlich auch unter den höheren Tieren keine Arten, die so ergiebig sich vermehrten wie die höheren Pflanzen: man vergleiche die Früchte, die eine Buche in guten Jahren hunderttausendfältig zu Boden schüttet, mit der relativ geringen Zahl von Nachkommen, auf die es selbst die Nager und Vögel bestenfalls bringen; erst die Fische und Insekten vermögen hier zu konkurrieren. Schließlich vergleiche man die höheren Pflanzen und Tiere auf das Lebensalter, in dem sie zur Vermehrung befähigt werden: die Getreidepflanzen und viele andere liefern schon in einem Jahre, ja schon im Alter von wenigen Monaten (s. o. S. 131), ihre Nachkommenschaft, während unsere Bäume, namentlich die Buche und andere, erst ansehnliches Alter (60 bis 70 Jahre) erreichen müssen, bevor sie blühen und Früchte ansetzen können. —

Bei den Pflanzen sind wie bei den Tieren zwei Modi der Vermehrung zu unterscheiden, die ungeschlechtliche und die geschlechtliche: diejenige Form der Fortpflanzung, welche schon durch dieselben Wachstums- und Zellteilungsvorgänge bewirkt wird, wie das Wachstum jedes Individuums, wird als ungeschlechtliche oder vegetative bezeichnet; bei der geschlechtlichen kommt zu den zellularen Vorgängen des Wachstums noch der Prozeß der Zellen- und Kernfusion und der Chromosomenverdoppelung (s. o. S. 78).

Ungeschlechtliche oder **vegetative Vermehrung** ist im Tierreich auf die niederen Klassen beschränkt, im Pflanzenreich spielt sie auch bei Vertretern der höchst organisierten Klassen noch eine Rolle.

Ebenso wie bei den tierischen Einzellern wird auch bei den pflanzlichen durch jede Zellenteilung eine Vermehrung der Individuenzahl bewirkt. Die Generationsdauer, d. h. die Frist, die zwischen zwei aufeinander folgenden Zellenteilungen verstreichen muß, ist im allgemeinen um so geringer, je kleiner die Organismen sind — hierüber wurde schon früher (s. o. S. 76) berichtet.

Vielzellige Pflanzen vermehren sich vegetativ, indem sie zerbrechen — in ihre einzelnen Zellen, wie es namentlich bei verschiedenen Algen beobachtet werden kann, oder in umfangreichere Stücke irgendwelcher Art. Die Fragmentation erfolgt spontan (Laub- und Lebermoose, der Wasserfarn *Azolla*, Ausläufer der Erdbeere, vgl. Fig. 26 b) oder durch gewaltsame Eingriffe der Außenwelt. Eine gewaltsam herbeigeführte Form der vegetativen Vermehrung ist die Stecklingsvermehrung. Bei vielen Pflanzen kann man die Triebspitzen abschneiden und durch Einpflanzen zur Fortsetzung des Wachstums und zur Regeneration des Wurzelsystems anregen. Auch Stücke von Wurzeln haben die Fähigkeit, Sprosse zu regenerieren und daher zur vegetativen Vermehrung tauglich zu sein (Wurzelstecklinge von *Taraxacum* u. a.). Blattstecklinge liefert z. B. die Gattung *Begonia*: isolierte Blätter oder Stücke von solchen lassen an den Stellen, an welchen die Hauptrippen

der Spreite durchschnitten sind, neue Pflänzchen entstehen (Fig. 134). Selbst einzelne losgelöste Knospen sind oft zur vegetativen Vermehrung tauglich; Wurzeln können sie zwar nicht regenerieren, sie setzen aber Wachstum und Blatt- und Blütenbildung fort, wenn sie auf einen bewurzelten Organismus übertragen werden, der hinsichtlich seines Chemismus ihnen ähnlich ist, und an dessen Gewebe sie nach chirurgischer Vorbereitung anzuwachsen imstande sind. Man bezeichnet jede Übertragung lebender Anteile auf eine lebende Unterlage als Transplantation. Werden einzelne Knospen transplantiert, so spricht man von Okulieren; werden Stecklinge übertragen — von Edelreis und Pfropfung. Beiderlei Verfahren gestatten, eine besondere wertvolle Art oder Spielart nach Belieben zu vermehren, indem man Stücke von ihr — z. B. von einer schön blühenden Rosensorte — auf geeignete „Unterlagen" — z. B. Rosenwildlinge — transplantiert.

Bei niederen wie höheren Pflanzen werden oft spontan von einem Organismus kleine oder große Anteile abgetrennt, die zur vegetativen Vermehrung

Fig. 134. Vegetative Vermehrung durch Blattstecklinge (*Begonia*): an mehreren Querschnittsstellen sprießen aus dem Blatt neue Individuen hervor.

tauglich sind und noch dazu eine längere oder kürzere Ruheperiode durchzumachen, ungünstige Zeiten zu überdauern und erst später ihr Wachstum wieder aufzunehmen oder zu „keimen" imstande sind. Derartige im Dienst der vegetativen Vermehrung stehende Gebilde sind durch besondere formale Eigentümlichkeiten ausgezeichnet und von den andern Teilen des sie produzierenden Mutterorganismus deutlich unterschieden. Bei den niederen Pflanzen sind sie meist einzellig, bei den höheren oft sehr umfangreich.

Als Sporen werden meist einzellige, plasmareiche, mehr oder weniger dickwandige, der Fortpflanzung dienende Gebilde bezeichnet, die auf sehr verschiedene Weise entstehen können. Zunächst beschäftigen uns die ungeschlechtlich entstehenden Sporen, d. h. diejenigen, welche nicht das Fusionsprodukt zweier Zellen sind, sondern dieselbe Chromosomenzahl in sich bergen wie die ihrer Bildung vorausgehenden Zellengenerationen.

Konidien oder exogene Sporen entstehen durch Abschnürung von der sie erzeugenden Mutterzelle. Bei vielen Pilzen geht die Vermehrung durch exogene Sporen außerordentlich lebhaft vor sich. Die zur Konidienabschnürung befähigten Zellen liefern oft nacheinander sehr viele Sporen, die zunächst kettenartig verbunden sind, später durch Zerfall der Ketten

selbständig werden (Fig. 135). Jede Konidie liefert einen neuen Organismus, wenn sie auf geeignetes Substrat gelangt und auf ihm keimt.

Endogene Sporen entstehen im Innern einer Zelle, indem sich ihr lebendiger Inhalt in so viel Portionen zerklüftet, als Sporen entstehen sollen. Die Zellen, welche in ihrem Innern die Sporen entwickeln, heißen Sporangien (Sporenbehälter): sind sie bei Beginn der Entwicklung einkernig, so teilt sich ihr Zellkern wiederholt; jede Plasmaportion, die zur Spore wird, enthält einen Zellkern. Das Plasma des Sporangiums wird bei der Bildung der Sporen entweder völlig aufgebraucht, oder es bleibt ein dem Untergang preisgegebener Rest, das Epiplasma, unverbraucht übrig.

Bei wasserbewohnenden Thallophyten bleiben die in den Sporangien entstehenden Fortpflanzungszellen nackt; sie haben Geißeln und sind zum Schwärmen befähigt (Zoosporen, Schwärmsporen, vgl. Fig. 136). Die Behälter, welche Zoosporen entwickeln, heißen Zoosporangien.

Ausnahmsweise kann auch der ungeteilte, unzerklüftete Inhalt einer Zelle zu einer endogenen Spore werden; bei der weit verbreiteten Süßwasseralge *Vaucheria* entleert das Zoosporangium eine einzige, mit sehr vielen Geißeln ringsum ausgestattete Schwärmspore; Fig. 136 b veranschaulicht ihr Ausschlüpfen aus dem geöffneten Behälter.

In anderen Fällen sind die endogenen Sporen umhäutet, unfähig zu aktiver Bewegung und auf passive Verbreitung angewiesen. Umhäutete Sporen entstehen in den Sporangien der weit verbreiteten Schimmelpilze aus der Gattung *Mucor* (Fig. 137), in den Sporangien des *Equisetum* u. v. a. (Fig. 53 c, d) und als Makro- und Mikrosporen in den Sporangien der *Selaginella* und anderer heterosporer Kryptogamen (Fig. 54). Fortpflanzungszellen analoger Art sind, wie wir später noch hören werden, auch die Pollenkörner der Samenpflanzen.

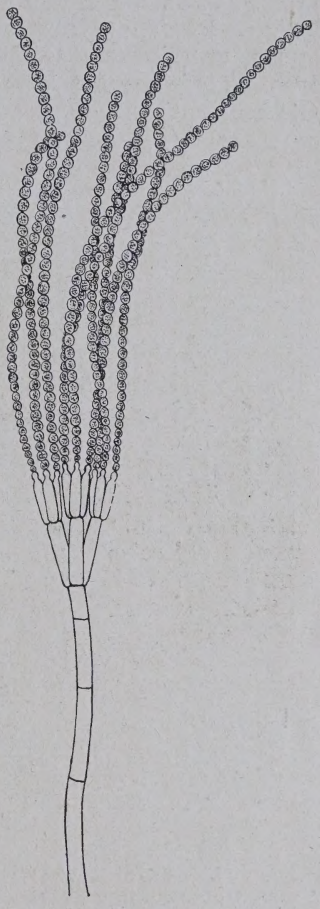


Fig. 135. Vegetative Vermehrung durch Konidien: *Penicillium glaucum*, ein weit verbreiteter Schimmelpilz, der am Ende pinselartig verzweigter Hyphen zahlreiche, sehr gliederreiche Ketten von Konidien liefert.

Bei allen diesen und vielen ähnlichen Fällen entstehen die Sporen stets in Vierergruppen, d. h. zu vier aus einer „Sporenmutterzelle". In den Teilungen, welche diese erfährt, und welche unmittelbar zur Sporenbildung führen, verbirgt sich der Reduktionsvorgang, von dem schon im II. Kapitel die Rede war, und auf den nach Behandlung des sexuellen Fortpflanzungsmodus zurückzukommen sein wird (S. 163). —

Auch bei den höheren Pflanzen dienen sehr oft Körper, Organe oder Organkomplexe von besonderen formalen Eigenschaften und eigenartigem

Entwicklungsgang den Aufgaben der vegetativen Vermehrung. Vor allem handelt es sich um metamorphosierte Knospen und Sproßspitzen, die zu freiwilliger Lösung vom mütterlichen Organismus und zur Produktion eines oder mehrerer neuer Organismen befähigt sind. Die Kartoffelknollen (vgl. Fig. 28), die in den Achseln der Zwiebelschuppen entstehenden zwiebelartig gebildeten Knospen (*Tulipa*, vgl. Fig. 32, *Amaryllis* u. v. a.) stellen unterirdische Gebilde dieser Art dar. Oberirdische Fortpflanzungskörper ähnlicher Art entstehen z. B. in den Blütenständen des Knoblauchs (*Allium sativum*), die neben einigen Blütchen zahlreiche Brutzwiebeln entwickeln (Fig. 138): diese lösen sich ab und wachsen zu neuen Pflanzen aus. In den Blattachseln des Scharbockskrautes (*Ranunculus ficaria*) entstehen getreidekornähnliche Knöllchen, die als „Weizenregen" oft in großen Massen den Boden bedecken und der vegetativen Vermehrung der

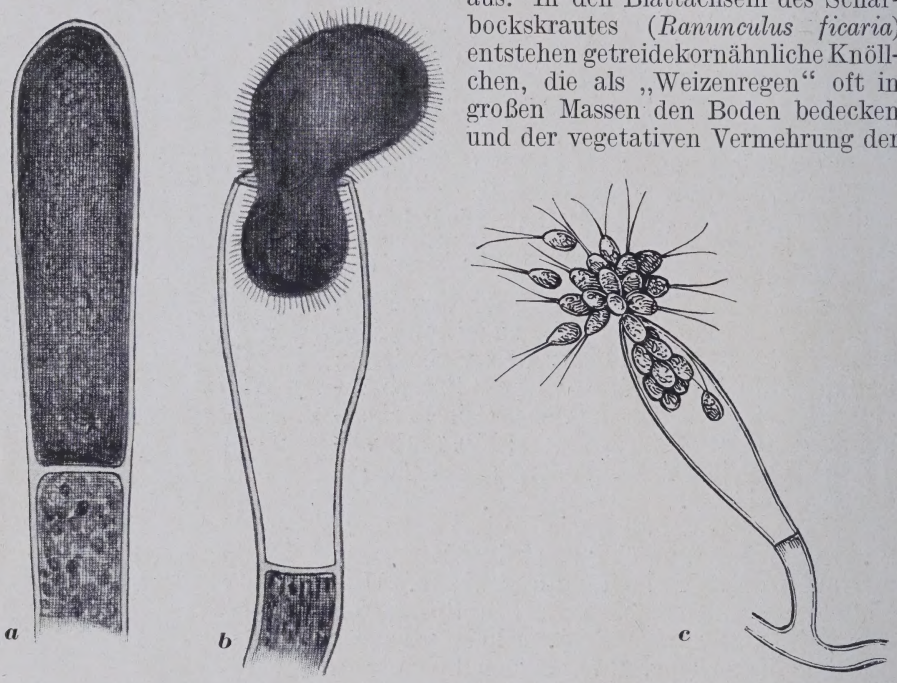


Fig. 136. Vegetative Vermehrung durch endogene bewegliche Sporen: *a* und *b* bewegliche Spore (Zoospore) einer Alge (*Vaucheria*), *c* bewegliche Sporen eines Pilzes (*Saprolegnia*).

Pflanze dienen, und die in unseren Wäldern häufige Zahnwurz (*Dentaria bulbifera*) läßt aus den Achseln ihrer Blätter schwärzliche, stoffreiche Knöspchen fallen, die sich auf dem Boden bewurzeln und ihr Wachstum fortsetzen können.

Alle Fälle der **geschlechtlichen Vermehrung** stimmen darin überein, daß bei ihnen zwei Zellen miteinander verschmelzen, daß ihre Kerne fusionieren und ihren Chromatingehalt vereinigen, und daß das Verschmelzungsprodukt sogleich oder nach längerer Ruhezeit zu einem neuen Organismus auswächst. Im zweiten Falle pflegt es mit einer kräftigen Membran ausgestattet und zur Überdauerung ungünstiger Existenzbedingungen befähigt zu sein, wir nennen es dann eine Spore.

Die beiden zur Verschmelzung befähigten Anteile sind die Geschlechtszellen oder Gameten. Wie wir schon früher hörten (s. o. S. 78), sind die

beiden Gameten in Form und Größe einander gleich — oder sie liegen in zwei verschiedenen, als männliche und weibliche Geschlechtszellen unterschiedenen Formen vor.

Sind die beiden Gameten einander gleich, so liegt Isogamie vor, eine Form der Sexualität, die auch bei den niederen Tierformen gefunden wird (Protozoën). Sie ist bei den Thallophyten weit verbreitet und keineswegs auf einzellige Vertreter beschränkt.

Der Verschmelzungsakt gestaltet sich verschieden, je nachdem der Inhalt umhäuteter oder nackter Zellen zu Trägern der Sexualität wird.

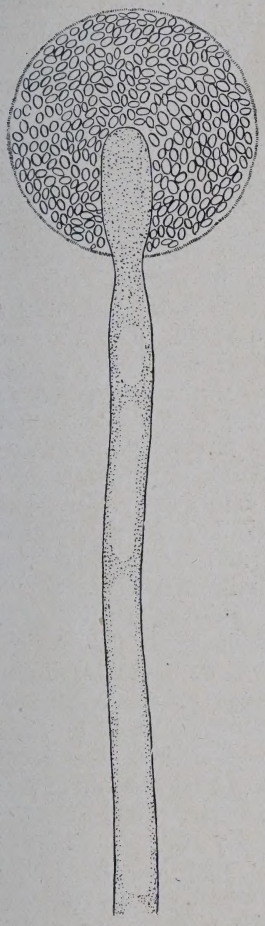


Fig. 137. Vegetative Vermehrung durch unbewegliche Sporen: Sporangium eines Pilzes (*Mucor*); die Querwand, welche das Lumen der sporangiumtragender „Fruchthyphe" von dem des Sporenbehälters trennt, ist glockenförmig in letzteres vorgewölbt (Columella).

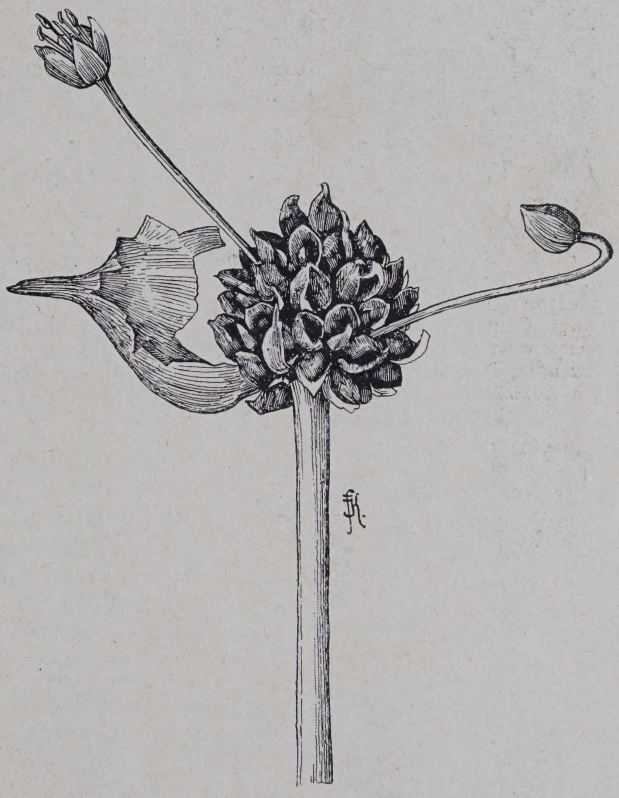


Fig. 138. Vegetative Vermehrung durch oberirdische Brutzwiebeln; Blütenstand des Knoblauchs (*Allium sativum*); unter der häutigen Hülle zahlreiche Brutzwiebelchen neben einigen Blüten.

Fig. 139 veranschaulicht den Kopulationsakt eines Schimmelpilzes (*Phycomyces*): wir sehen zwei Ästchen des Vegetationskörpers des Pilzes aufeinander zuwachsen, sich begegnen und je eine Zelle an ihren dicken Spitzen abtrennen; diese sind die Gameten. Sie verschmelzen miteinander,

indem das an der Berührungsfläche liegende, die Protoplasmamassen trennende Membranstück gelöst wird. Das Fusionsprodukt wird zu einer dickwandigen Spore, die nach längerer Ruhezeit keimen wird. Sporen, die durch isogame Fusion zustande kommen, werden Zygosporen genannt.

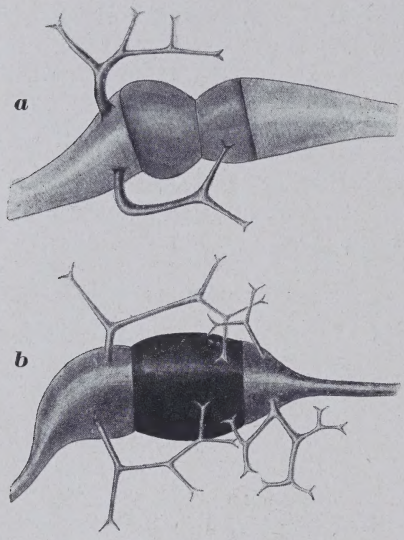


Fig. 139. Isogame Fusion; ruhende Gameten eines Pilzes (*Phycomyces nitens*): *a* Zwei Gameten berühren sich, *b* die Zygospore ist gebildet worden; die an sie grenzenden Myzelstücke haben mit dornigen Auswüchsen die Zygospore unvollkommen umhüllt.

Umhäutete oder „ruhende" Gameten nähern sich und erreichen einander durch Wachstum. Sind die Gameten nackte Zellen, so sind sie mit Geißeln ausgestattet und imstande, durch Schwärmen im Wasser sich einander zu nähern. Die beweglichen Gameten entstehen nicht nur in ähnlicher Weise wie die vorhin erwähnten ungeschlechtlichen Zoosporen (Fig. 136) in Zellen (Gametangien), deren Inhalt sich in mehr oder minder zahlreiche Portionen zerklüftet, sondern gleichen ihnen auch morphologisch und physiologisch in vielen Beziehungen. Die wichtigsten Unterschiede liegen in dem Chromatinvorrat ihrer Zellkerne, die bei den geschlechtlichen Schwärmern nur halb so viel Chromosomen enthalten als bei den ungeschlechtlichen, und in dem Umstand, daß die geschlechtlichen erst nach Fusion mit einem andern Schwärmer zu weiterer Entwicklung fähig sind.

Den Kopulationsakt stellt Fig. 140 dar. Die schwärmenden Gameten werfen ihren Bewegungsapparat ab und verschmelzen miteinander, das Fusionsprodukt oder die Zygospore umhäutet sich und vermag eine längere Ruheperiode zu überdauern.

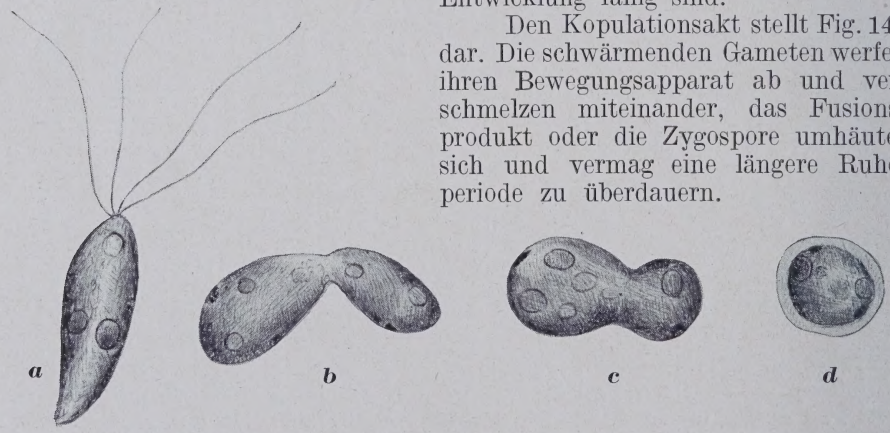


Fig. 140. Isogame Fusion; bewegliche Gameten einer Alge (*Draparnaldia*); *a* eine schwärmende Geschlechtszelle mit vier Geißeln, *b* und *c* verschiedene Stadien der Fusion; die Geißeln sind abgeworfen worden, *d* Zygospore. Nach Klebs.

Bei denselben Thallophytengruppen, bei welchen wir Isogamie antreffen, ist auch bereits Oogamie ausgebildet, d. h. diejenige Form der Sexualität, bei welcher die Geschlechtszellen einander ungleich sind, eine

Eizelle und eine männliche Zelle miteinander verschmelzen, also von einer Differenzierung der Geschlechter gesprochen werden darf.

Isogamie und Oogamie sind durch zahlreiche Fälle miteinander verbunden, in welchen Gameten miteinander kopulieren, die in Größe und Form miteinander übereinstimmen, die aber in ihrem physiologischen Verhalten Unterschiede erkennen lassen und daher als Vorstufe zur Geschlechtsdifferenzierung aufgefaßt werden dürfen. Beispiele dafür liefern verschiedene mit beweglichen und ruhenden Gameten ausgestattete Arten.

Bei *Spirogyra* verschmilzt der Inhalt zweier ungeteilter Zellen, die dadurch zu Gameten geworden sind, daß sie kurze, einander entgegen wachsende Schläuche entwickelt haben (Fig. 149). Es sind stets die Zellen getrennter, zufällig nebeneinander liegender Fäden, die in besagter Weise sich verändern. Wenn die Schläuche einander berühren, wird das an der Kontaktfläche die beiden Zellenlumina trennende Membranstück gelöst: nunmehr wird die unterschiedliche Veranlagung der beiden Gameten daran erkannt, daß die eine als empfangende sich betätigt und den zu ihr hinüberströmenden Inhalt der anderen — nach reichlicher Wasserabgabe und Volumenverminderung — in sich aufnimmt. In ihr entsteht die Zygospore. Wir dürfen sie die weibliche nennen — die andere, die männliche, bleibt als leeres Zellulosegerüst stehen (Fig. 149).

Bei manchen mit beweglichen Gameten ausgestatteten Pflanzen bringt sich der Beginn einer Geschlechtsdifferenzierung in dem Grad der Beweglichkeit und Schwärmfähigkeit der Zellen zum Ausdruck.

Auch bei vielen Pilzen, die ruhende Gameten zu Zygosporen verschmelzen lassen, sind Unterschiede zwischen den beiden Geschlechtszellen ohne Zweifel vorhanden. Wir wissen, daß *Phycomyces* (Fig. 139), *Mucor* u. a. nur dann kopulieren, wenn zufällig die Myzelfäden zweier verschiedener „Rassen" einander gegenüberstehen, die sich gegenseitig so beeinflussen, daß es zur Bildung der vorhin beschriebenen Kopulationsäste und Gameten kommt, und die nicht anders als eben an dieser Wirkung als verschiedene Rassen erkannt werden können. Man bezeichnet sie als + und — Rasse, da von einer geschlechtlichen Differenzierung und einer männlichen und weiblichen Form nichts zu bemerken ist.

Fig. 141. Oogamie: Befruchtung der Eizellen eines Pilzes (*Saprolegnia*) durch den ungeformten Inhalt eines Antheridiums. Nach Klebs.

Typische Oogamie liegt vor, wenn eine Eizelle von einem Spermatozoon (Spermium) oder einem Plasmaanteil, der einem solchen entspricht, befruchtet wird. Die weiblichen oder die Eizellen sind stets ruhende, geißellose Plasmakugeln; die männlichen Anteile haben die charakteristische Form begeißelter Spermatozoën (Fig. 142) oder fließen als ungeformte kernhaltige Plasmamasse aus dem männlichen Organ zu der weiblichen Zelle hinüber: in Fig. 141 ist ein kugliges mit mehreren Eizellen ausgestattetes weibliches Organ eines wasserbewohnenden Pilzes dargestellt, an das sich ein mit

männlichem Sexualplasma erfülltes schlauchartiges Organ anlegt; es wird seinen Inhalt unmittelbar zu den Eizellen überfließen lassen.

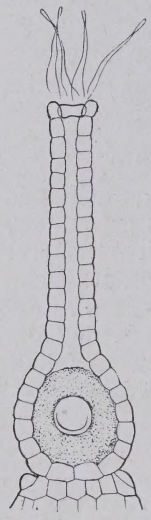


Fig. 142. Archegonium eines Lebermooses. Im Bauchteil die Eizelle; vor der Öffnung des Halsteiles mehrere langbegeißelte Spermien.

Organe, welche eine oder mehrere Eizellen enthalten, heißen Oogonien; Organe, welche Spermien oder ungeformtes männliches Sexualplasma entwickeln, heißen Antheridien.

Die Befruchtung geht stets in der Weise vor sich, daß der Inhalt des Antheridiums dieses verläßt und zu den Eizellen gelangt. Abgesehen von den durch Fig. 141 veranschaulichten seltenen Fällen geschieht das durch Ausschwärmen der Spermien, die durch chemotaktische Reize geleitet den Weg zu der Eizelle finden (s. o. S. 138).

Im Tierreich ist der Fall häufig, daß die Eizellen das Organ, in dem sie entstanden sind, ja sogar den mütterlichen Organismus verlassen und außerhalb desselben besamt werden (Echinodermen, Akranier, Teleostier, Amphibien). Bei den Pflanzen ist dieser Modus der Befruchtung von bemerkenswerter Seltenheit. Die an den deutschen Küsten weit verbreitete Braunalge *Fucus* entleert Spermien und Eier; die Befruchtung erfolgt außerhalb des Organismus. Im allgemeinen bleiben die Eier dort liegen, wo sie entstanden sind, werden ebendort von den Spermien aufgesucht und verwandeln sich nach der Befruchtung in eine Spore oder nehmen sogleich ihre Wachstums- und Teilungstätigkeit auf. Sporen, die durch Befruchtung einer Eizelle entstanden sind, heißen Oosporen.

Bei Moosen und Farnen und den niedersten Klassen der Samenpflanzen haben die Behälter der Eizellen die Gestalt kurz- oder langhalsiger Fläschchen. Sie werden als Archegonien bezeichnet (Fig. 142). Im Bauchteil der Fläschchen liegt stets eine Eizelle, der Hals öffnet sich zur Zeit der Reife und gewährt den Spermien Zutritt ins Innere des Archegoniums. Die Eizellen der Archegonien werden nach der Befruchtung niemals zu Oosporen, sondern sogleich durch Teilung zu vielzelligen Körpern oder Embryonen.

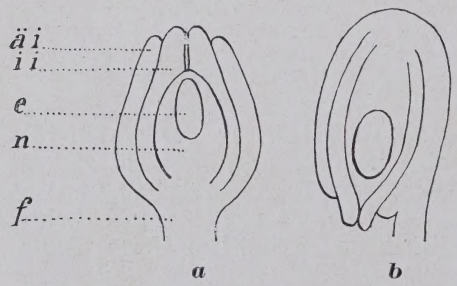


Fig. 143. Samenknospen der Angiospermen: *a* atrope, *b* anatrope Samenknospe. *äi* äußeres Integument, *ii* inneres Integument. *n* Nucellus oder Knospenkern, *e* Embryosack, *f* Funiculus.

Bei den Samenpflanzen spielen sich die Sexualvorgänge in den Samenknospen ab (s. o. S. 44, Fig. 55); die Samen, welche aus den Samenknospen hervorgehen, sind als geschlechtliche Produkte aufzufassen, da ihre Ausbildung fast durchweg die Befruchtung einer in den Samenknospen liegenden Eizelle voraussetzt.

Während bei vielen Gymnospermen die von den Kryptogamen her bekannten Archegonien noch erkennbar und im Inhalt der Samenknospen wiederzufinden sind, sind bei den Angiospermen solche Anklänge kaum noch deutlich.

Der Bau ihrer Samenknospen (Fig. 143) ist im allgemeinen folgender: um einen zentralen Knospenkern (Nucellus) liegen zwei Hüllen, das äußere und das innere Integument, die einen engen Porus als Eingangspforte zum

Nucellus freilassen: wie beim tierischen Ei und seinen Hüllen spricht man auch hier von einer Mikropyle. Der Nucellus, ein vielzelliges Gebilde, ist dem Makrosporangium der höheren und heterosporen Kyptogamen (vgl. Fig. 54b) gleichzustellen. In seinem Inneren entwickelt sich nur eine einzige Sporenmutterzelle, die nach der üblichen Vierteilung eine einzige Spore aus sich hervorgehen läßt; die drei Schwesterzellen gehen zugrunde. Die in Einzahl vorhandene Spore liegt als deutlich erkennbare umfangreiche Zelle im Nucellus; sie wird als Embryosack bezeichnet.

Während die Sporen der Kryptogamen eine längere Ruhezeit durchzumachen pflegen, bevor sie keimen, d. h. ihre Wachstumstätigkeit aufnehmen, sehen wir die als Embryosack bezeichnete Makrospore alsbald nach ihrer Entstehung sich verändern. Ihr in Einzahl vorhandener Kern teilt sich, und nach zwei weiteren Kernteilungen liegen schließlich acht Kerne in dem Embryosack vor, über deren Verteilung Fig. 144 a, b, c und d Aufschluß gibt. Drei Kerne nebst zugehöriger Plasmaportion liegen schließlich — nahe beieinander oder in beträchtlichem Abstand — an dem der Mikropyle der Samenknospe zugewandtem Pol des Embryosacks, sie stellen den Eiapparat dar; einer der drei Kerne ist der Eikern. Am entgegengesetzten Pol des Embryosacks liegen drei weitere Kerne, die als Antipoden bezeichnet wer-

Fig. 144. Entwicklung des Embryosacks (*Ottelia lancifolia*) bis zum achtkernigen Stadium, *a* zweizelliges, *b* vierzelliges, *c* achtzelliges Stadium, *d* dasselbe nach Umlagerung der Kerne und Aufnahme eines Spermakerns; oben die Eizelle mit Spermakern, darunter die beiden anderen Kerne des Eiapparates, noch tiefer die beiden Polkerne, am unteren Ende drei Antipoden. Nach Palm.

den. Zwischen den beiden Gruppen liegen der siebente und achte Kern, die von den beiden Polen her (vgl. Fig. 144c zueinander gewandert sind und daher als Polkerne bezeichnet werden; von ihrer Bedeutung wird sogleich noch zu sprechen sein. Das hier beschriebene achtkernige Bild erfährt in verschiedenen Gruppen der Angiospermen allerhand Abwandlungen, deren Schilderung hier übergangen werden darf.

In den Pollensäcken entstehen, auf dieselbe Weise wie in den Sporangien der Kryptogamen die Sporen, große Mengen von Pollenkörnern. Gelangen diese auf die eine oder andere Weise auf die Narbe eines zur gleichen Spezies gehörenden Stempels, so keimen sie und liefern einen langen, zarten, nirgends durch Querwände gefächerten farblosen Pollenschlauch, der durch das Gewebe des Griffels bis in die Fruchtknotenhöhlung vorwärts wächst und von der Mikropyle einer Samenknospe her sich einem Embryosack nähert. An ihrem Ziele angelangt öffnet sich die Spitze des Pollenschlauchs und läßt einen Teil ihres plasmatischen Inhalts austreten. Mit diesem hat es folgende Bewandnis: jeder Pollenkern ist ursprünglich einkernig; schon früh erfolgt in ihm eine Zellteilung, so daß frei in der Plasmamasse des Korns eine kleine, oft spindelähnlich gestaltete Zelle sichtbar wird, die mit einem Kern ausgestattet ist, aber keine eigene Membran besitzt. Später teilt sich diese Zeile noch einmal, so daß in dem Pollenkorn bzw. in dem aus ihm entstandenen Pollenschlauch ein Zellenkern und zwei nackte kernhaltige Zellen liegen (Fig. 146). Diese werden generative Zellen genannt, da sie den Charakter von Spermazellen haben. Sie sind es, welche nach der Öffnung des Pollenschlauchs austreten und die Befruchtung bewirken. Der ganze übrige Inhalt des Pollenschlauchs wird als vegetative Zelle und vegetativer Kern bezeichnet; er hat zum Befruchtungsakt keine unmittelbaren Beziehungen.

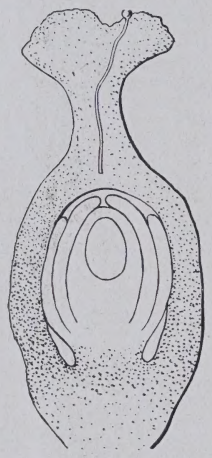


Fig. 145. Entwicklung des Pollenschlauches: auf der Narbe hat ein keimendes Pollenkorn einen dünnen Schlauch geliefert, der durch den Griffel zur Fruchtknotenhöhle vorwärts wächst.

Es scheint, daß diese lediglich durch die Kerne der generativen Zellen vollzogen wird: einer der beiden verbindet sich mit dem Eikern, der andere gesellt sich zu den beiden zwischen Eiapparat und Antipoden gelegenen Kernen, und verschmilzt mit diesen zu einem triploiden, d. h. dreifachen Chromosomensatz enthaltenden Kerngebilde.

Die befruchtete Eizelle bekommt eine Membran, wächst und teilt sich lebhaft und liefert den Embryo, der aus einem fadenartigen und einem kugel- oder eiähnlichen Teil besteht (Fig. 147). Die fadenförmige Zellgruppe stellt ihr Wachstum bald ein; an dem klöppelähnlichen rundlichen Körper werden die Anlagen der Wurzel, die Kotyledonen und der Sproßvegetationspunkt sichtbar.

Auch das in der Mitte des Embryosacks liegende chromatinreiche Kerngebilde teilt sich wiederholt; es entstehen zahlreiche Kerne, zwischen welchen sich auch Membranen entwickeln. Das Gewebe, das auf diese Weise zustandekommt, dient dem Embryo als Nährgewebe und nimmt oft einen beträchtlichen Raumanteil des reifen Samens in Anspruch; es wird als Endosperm bezeichnet (s. o. S. 54).

Die Antipoden gehen ebenso wie die beiden nicht befruchtungsfähigen

Zellen des Eiapparats zugrunde. Auch der Nucellus pflegt im Verlauf der weiteren Entwicklung zu schwinden. Bei manchen Pflanzen liefert er jedoch durch Wachstum und Teilung seiner Zellen eine zweite Form des dem Embryo dienenden Nährgewebes, das Perisperm (Fig. 67).

Die Integumente liefern die gewöhnlich aus recht dickwandigen Zellen gebildete Samenschale. —

Bei allen Organismen, bei welchen an irgendeiner Stelle ihres Entwicklungsganges sexuelle Kernfusion und mit ihr eine Verdoppelung der Chromosomenzahl erfolgen, muß naturnotwendig irgendwo eine Reduktion der Chromosomenzahl eintreten. Durch diese beiden einschneidenden Ereignisse, Befruchtung und Reduktion, wird der Entwicklungsgang einer Spezies in zwei Phasen zerlegt, eine haploide und eine diploide. Der Phasenwechsel oder Generationswechsel (s. o. S. 79) nimmt bei den verschiedenen Gruppen des Pflanzenreichs durchaus verschiedene Formen an.

Bei vielen Laubmoosen (vgl. Fig. 148) entwickeln sich am Gipfel der beblätterten Triebe die Geschlechtsorgane, Archegonien und Antheridien. Nach Befruchtung der im Archegoniumbauch verborgenen Eizelle entwickelt sich diese zum Embryo, der in Kürze zu einer langgestielten Kapsel heranwächst. In der Kapsel entstehen viele hundert Sporen, die unter günstigen Entwicklungsbedingungen keimen und beblätterte Moospflänzchen liefern. Der untere beblätterte Teil einer fruktifizierenden Moospflanze stellt die haploide Phase des Gewächses dar: mit der Befruchtung beginnt die diploide Phase, deren Zellen sämtlich doppelte Chromosamenzahl führen. In der Kapsel tritt bei der Sporenbildung Reduktion ein, die Sporen selbst sind haploid. Mit ihnen beginnt wieder die haploide Phase des Organismus.

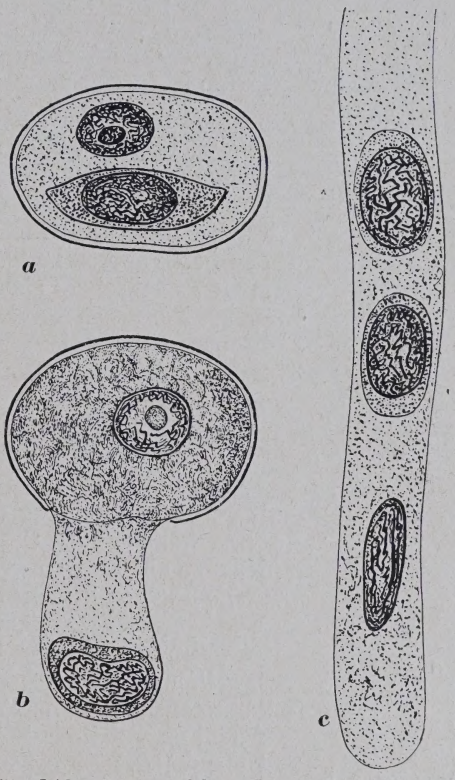


Fig. 146. Entwicklung der Kerne eines Pollenschlauchs: *a* Pollenkorn der Türkenbundlilie (*Lilium martagon*) mit vegetativer und generativer Zelle; *b* junger Pollenschlauch; der vegetative Kern liegt noch im Lumen des Pollenkorns, die generative Zelle an der Spitze des Pollenschlauchs; *c* Spitze eines älteren Pollenschlauchs: oben die beiden generativen Zellen, nahe an der Spitze der vegetative Kern, der beim Wachstum des Pollenschlauchs jene überholt hat. Nach einer Figur von Guignard.

Die haploide Phase, welche mit der Bildung der Geschlechtszellen (Gameten) ihr Ende findet, wird als Gametophyt — die diploide, die mit der Sporenbildung endet, als Sporophyt bezeichnet.

Alle zu sexueller Vermehrung befähigten Organismen haben einen

Phasenwechsel, bei dem freilich die beiden Phasen quantitativ und qualitativ sehr verschieden zueinander sich verhalten können.

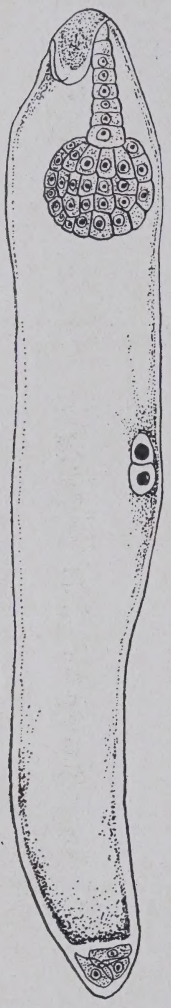


Fig. 147. Entwicklung des Embryos im Embryosack einer *Alchimilla*. Unten drei Antipoden, darüber die beiden Polkerne. Nach Murbeck.

Quantitative Unterschiede bekunden sich darin, daß nicht immer die haploide und die diploide Phase gleich ansehnliche Dimensionen erreichen, vielmehr bald die eine bald die andere Phase starke Reduktion erfährt.

Bei den Farnen sind die aus den Sporen erwachsenden Gametophyten klein, die aus den befruchteten Eizellen sich entwickelnden Sporophyten (vgl. Fig. 52) große, vieljährige Gewächse.

Bei den heterosporen Kryptogamen (Fig. 54) werden zweierlei Sporen, Makro- und Mikrosporen, produziert. Aus beiden entwickeln sich Gametophyten. Während die Moose und alle andern mit einer Sporenart ausgestatteten Gewächse nur eine Gametophytenform kennen, entstehen bei den heterosporen zweierlei Gametophyten — aus den Makrosporen entwickeln sich mit Archegonien ausgestattete, aus den Mikrosporen antheridientragende. Beide Gametophytenformen sind auf mikroskopisch kleine und aus wenigen Zellen gebildeten Körperchen reduziert.

Nicht anders steht es mit den Samenpflanzen, insbesondere den Angiospermen. Bei ihnen nehmen die Sporen die Gestalt von Pollenkörnern (Mikrosporen, s. o. S. 44 und Fig. 80) und die von Embryosäcken (Makrosporen) an: die keimende Mikrospore (s. o. Fig. 146) liefert mit drei Zellen alles, was noch als Gametophyt angesprochen werden kann. Nahezu ebenso weit geht die Reduktion des aus der Makrospore hervorgehenden Gametophyten: der junge, einkernige Embryosack entspricht der Makrospore, die späteren mehrkernigen Stadien (Fig. 144) entsprechen dem in Entwicklung begriffenen Gametophyten. Flaschenähnliche Archegonien kommen bei den Angiospermen nicht mehr zur Entwicklung, an ihrer Stelle nur noch eine Eizelle am Mikropylenpol des Embryosacks. Der Gametophyt besteht also nur aus acht Kernen und dem zu ihnen gehörigen Protoplasma; er verbirgt sich ganz und gar in der Samenknospe, denn weder die Makrospore noch der aus ihr sich entwickelnde Gametophyt macht sich aus jener frei. Der Embryo, der sich aus der befruchteten Eizelle entwickelt, stellt den Beginn des neuen Sporophyten, der neuen diploiden Phase dar. Bis auf wenige Zellengenerationen sind also die Pflanzen diploid.

Bei den Tieren ist die haploide Phase noch stärker eingeengt: die Reduktion geht der Bildung der Geschlechtszellen (als „Reifung" des Eies usw.) unmittelbar voraus; nur die Geschlechtszellen sind haploid; mit ihrer Verschmelzung wird bereits die neue diploide Phase eingeleitet. Im Pflanzenreich ist diese Form des Phasenwechsels selten; wir finden sie bei einigen Algen, z. B. bei *Fucus*.

Bei andern Algengruppen tritt das umgekehrte Massenverhältnis zwischen den beiden Phasen auf, indem die diploide Phase auf ein Minimum

reduziert und die Pflanze der Hauptsache nach haploid wird. Bei *Spirogyra* und zahlreichen andern grünen Algen geht die Reduktion bereits in der geschlechtlich entstandenen Spore vor sich; schon die erste Teilung ihres Kerns ist eine Reduktionsteilung.

Das qualitative Verhältnis der beiden Phasen zueinander ist dadurch gekennzeichnet, daß diploide und haploide Phase fast immer einander ganz und gar unähnlich sind; bei den Laubmoosen ist die diploide Phase eine gestielte Kapsel, die haploide ein zartes, blättertragendes Stämmchen, an dem sich die sporentragende Generation oft wie ein Anhängsel ausnimmt. Beim Adlerfarn und andern Farnkräutern ist die diploide Phase eine große, beblätterte Pflanze, die sehr früh von dem kurzlebigen, einem herzförmigen Blättchen gleichenden Gametophyten unabhängig wird. Wie groß bei den Samenpflanzen die Unterschiede zwischen den beiden Phasen sind, ergibt sich aus dem vorhin Gesagten. Nur bei einigen Algen haben beide Generationen dieselben formalen Eigenschaften: die braune Alge *Dictyota* und die ihr ähnlichen Gattungen treten in zwei Modifikationen auf, einer haploiden, gametentragenden und einer diploiden, sporentragenden Form. —

Bei denjenigen Farnen (im weitesten Sinn des Wortes), welche zweierlei Sporen tragen (s. o. Fig. 54), und allen Samenpflanzen erfolgt eine Aufspaltung der Gametophytengeneration insofern, als sich diese in zweierlei Formen — als eizellen- und spermientragende Modifikation — entwickelt. Die Sporophytengeneration bleibt zunächst noch einheitlich; jedes Sporophytenexemplar ist zur Produktion der Makro- wie der Mikrosporen tauglich. Bei denjenigen Samenpflanzen, die wir diözisch nennen, sind aber zweierlei Sporophyten vorhanden: männliche und weibliche, makrosporentragende (mit Fruchtblättern und Samenknospen) und mikrosporentragende (mit Staubblättern und Pollensäcken). Wir werden später noch den Ursachen nachzugehen haben, welche die Entstehung männlicher und weiblicher Exemplare bewirken.

Fig. 148. Phasenwechsel (Generationswechsel) bei einem Laubmoos: n der (haploide) Gametophyt, 2n der (diploide) Sporophyt.

Als **Blütenbiologie** wird diejenige Wissenschaft bezeichnet, welche alle formalen Charaktere der Blüte ermittelt, die mittelbar oder unmittelbar im Dienste der Bestäubung stehen d. h. der Bestäubung der Blüte durch belebte oder unbelebte Agentien Vorschub leisten oder sie ermöglichen.

Die Bestäubung der Blüten, d. h. die Übertragung der Pollenkörner zur Narbe wird vermittelt:

a) durch Wasser (hydrophile Pflanzen), dessen Strömung den Pollen fortträgt und durch Zufall zu den Narben führt. Nur einige Wasserpflanzen sind hydrophil. *Vallisneria spiralis* entwickelt männliche und weibliche Blüten an der Wasseroberfläche: die männlichen lösen sich spontan von der Pflanze ab und treiben gleich kleinen Kähnchen auf dem Wasser. Spontane Ablösung (Autotomie) junger Blüten ist ein im Pflanzenreich seltener Fall. Daß die Loslösung der männlichen Blüten der Bestäubung förderlich ist, erinnert einigermaßen an die Befruchtung mancher Tintenschnecken, deren Spermien durch spontan sich loslösende Tentakeln der männlichen Tiere übertragen werden („*Hectocotylus octopodis*"). Verbreitung der Spermatozoën durch das Wasser geht der Befruchtung der Echinodermen voraus.

b) durch die Luft (anemophile Pflanzen). „Windblütige" Pflanzen produzieren ihre Pollenkörner oft in sehr großer Reichlichkeit; ihre Narben werden durch starke Entwicklung der Oberfläche zum Auffangen der Pollenkörner tauglich. Die Nadelbäume,

alle Gräser, der Wallnußbaum u. v. a. sind anemophil. Manche Koniferen produzieren so viel Pollenstaub, daß dieser die Erde gelb färbt, wenn er durch Regen niedergeschlagen wird („Schwefelregen" des Volksmundes). Daß durch Wind die Pollenkörner viele Meilen weit verbreitet werden können, lehrt das Auftreten des Heufiebers an Orten, die von der Grasblüte sehr weit entfernt sind. In Amerika ruft der Pollen anemophiler Kompositen ähnliche Störungen hervor wie bei uns der Pollen der Gräser.

c) durch Tiere (zoophile —), vor allem durch Insekten (entomophile Pflanzen). Während die Blüten anemophiler Pflanzen meist unscheinbar sind, zeichnen sich die entomophilen durch leuchtend gefärbte, auffällig geformte und stark duftende Blüten aus; der Pollen der Windblütigen ist glatt und trocken, der Pollen der Insektenblütigen oft rauh und klebrig, so daß er an den Organen der Insekten, welche die Blüten aufsuchen, leicht hängen bleiben kann. Bestimmte Pflanzen sind wegen des Baues ihrer Blüten, der Weite ihrer Kronenöffnung, der Länge ihrer Kronenröhre usw. auf den Besuch und die Bestäubungstätigkeit bestimmter Insektenordnungen, ja -Gattungen angewiesen. Lepidopteren, Hymenopteren und Dipteren sind die wichtigsten; ungeflügelte Insektenformen sind blütenbiologisch ohne Bedeutung.

Die Insekten suchen die Blüten wegen des Pollens auf, der ihnen als Nahrung dient, vor allem aber wegen des Nektars, der in vielen Blüten produziert wird, selten der Gelegenheit zur Eiablage wegen. Die Bestäubung ist eine unbeabsichtigte Leistung der Blütenbesucher und wird in vielen Fällen durch sehr auffällige Anpassungen der Blüten an die Gestalt der Insekten und die von ihnen ausgeführten Bewegungen gesichert.

Bei der Beschreibung dieser Anpassungen dürfte mancher voreilige Schluß den blütenbiologischen Autoren untergelaufen sein. Namentlich gilt diese Vermutung wohl für diejenigen Fälle, in welchen die Wirkungen der Blüten auf den Gesichtssinn der Insekten und die Bedeutung leuchtender Farben, auffallender Farbenmischungen und Zeichnungen als bedeutungsvoll für den Insektenbesuch beschrieben worden sind. Neue Untersuchungen haben gelehrt, daß die Farben auf das Auge und das Zentralorgan der Insekten keineswegs so wirken wie auf den Menschen, und daß die Tierpsychologie und -Sinnesphysiologie noch viele Vorarbeiten zu liefern haben, bis die Blütenbiologie der Frage nähertreten kann, welche Organe der Blüten und der Pflanzen überhaupt (Perianth. farbige Hochblätter, vgl. Fig. 37) als „Schauapparate" auf die Insektenwelt zu wirken vermögen. Daß die Farben hierbei nicht die Rolle spielen, welche die Biologen ihnen lange zugedacht haben, darf als ausgemacht gelten: eingehende Versuche haben gezeigt, daß die Insekten wie alle Wirbellosen in ihren Sehqualitäten den Total-Farbenblinden gleichen.

Durch Bewegungen der Geschlechtsorgane wird bei der Berberitze, deren Staubblätter sich nach Berührung der Innenseite ihrer Filamente durch ein Insekt zur Blütenmitte hinschnellen, die Entleerung der Antheren bewirkt. Bei den Zynareen wird durch Variationsbewegungen der Filamente, die sich nach Berührung durch Blütenbesucher verkürzen, der Pollenstaub aus der Antherenröhre entleert, die den Griffel umgibt (s. o. Fig. 122).

Durch Verzicht auf alle Bestäubungseinrichtungen sind diejenigen Pflanzen ausgezeichnet, deren Blüten kleistogam bleiben, d. h. sich nicht entfalten und in geschlossenem Zustande die Bestäubung vor sich gehen lassen: die Pollenkörner keimen in den Antheren, die Pollenschläuche durchwachsen die Antherenwand und erreichen auf irgendwelchen Wegen schließlich die Samenknospen und Eizellen. Kleistogame Blüten neben chasmogamen, d. h. dem Insektenbesuch sich öffnenden, entwickelt z. B. das Veilchen (*Viola odorata*), die als Unkraut bei uns weit verbreitete Balsamine (*Impatiens parviflora*) u. v. a.

Die auf die Blütenorgane wirkenden Agentien, wie Wasser, Wind oder Insekten, führen nicht nur die Bestäubung herbei, sondern fördern auch die Fremdbestäubung, d. h. den Austausch von Geschlechtszellen verschiedener Blüten oder verschiedener blütentragender Individuen. Selbstbestäubung, d. h. Belegung der Narbe durch den in der nämlichen Blüte erzeugten Pollenstaub ist bei allen diklinen Blüten, bei welchen jede Blüte nur Geschlechtsorgane einer Art enthält, eo ipso ausgeschlossen. Für die diözischen Arten, d. h. diejenigen, welche männliche und weibliche Blüten auf getrennten Exemplaren erzeugen (*Salix, Populus, Cannabis* u. v. a) kann naturgemäß nur ein Austausch der Geschlechtszellen zweier Individuen in Betracht kommen. Weiterhin ist Selbstbestäubung bei denjenigen Blüten ausgeschlossen, welche ihre männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane zu verschiedenen Zeiten reifen lassen. Gemäß dem akropetalen Entwicklungsgang der Sprosse — auch der in Blütenform erscheinenden — reifen oft die männlichen Organe erheblich früher als die das Zentrum der Blüte einnehmenden weiblichen: Blüten solcher Art heißen proterandrisch. Seltener sind die proterogynen, d. h. diejenigen Blüten, deren Narben zuerst reifen und zu einer Zeit empfängnisfähig sind, zu der die Staubblätter

derselben Blüte ihren Inhalt noch nicht ausschütten. Die kleistogamen Blüten andererseits sind naturgemäß auf Selbstbestäubung angewiesen und erzielen mit ihr reiche Nachkommenschaft.

Tritt bei chasmogamen Blüten Selbstbestäubung ein, so können alle Folgen der Bestäubung ganz normal sich abwickeln; es fehlt aber nicht an Fällen, in welchen der Erfolg der Bestäubung bei Belegung der Narbe mit Pollen der gleichen Blüte gering ist oder ganz ausbleibt: Erscheinungen dieser Art werden als Selbststerilität zusammengefaßt. Es gibt Pflanzen, bei welchen Selbstbestäubung geringwertige Nachkommenschaft entstehen läßt — andere, bei welchen der Pollenschlauch bzw. sein Inhalt keine Befruchtung vollziehen können, oder es gar nicht einmal zur Keimung der Pollenkörner kommt. Bei manchen Orchideen soll der Pollen auf die Narbe der nämlichen Blüte gebracht nicht nur Befruchtung ausschließen, sondern wie ein Gift auf sie wirken. Eine Erklärung dafür, daß manche Pflanzenarten (*Oncidium*-Arten) selbststeril, andere mit jenen nahe verwandten Arten es nicht sind, oder daß vollends in einer Art selbststerile neben selbstfertilen Individuen gefunden werden, läßt sich nicht geben.

Befruchtungsvorgänge, die mit der Selbstbestäubung verglichen werden können, sind auch für Sporenpflanzen bekannt. Daß selbst nahe verwandte Zellen sich miteinander zu einem geschlechtlichen Produkt verbinden können, machen die Thallophyten klar. Bei *Vaucheria* (s. o. Fig. 12) entstehen männliche und weibliche Organe paarweise an der nämlichen Zelle und sind hinsichtlich der Befruchtung aufeinander angewiesen. Bei *Spirogyra* verbindet sich der Zelleninhalt gegenüberliegender Fäden miteinander (s. u. Fig. 149), doch können gelegentlich auch benachbarte Zellen desselben Fadens miteinander kopulieren. Bei manchen niederen Algen (*Hydrodictyon*) sehen wir Zellen, die als Geschwister aus einer Mutterzelle hervorgegangen sind, alsbald nach ihrer Entstehung miteinander geschlechtlich fusionieren; bei der Mehrzahl der Fälle stammen aber die isogamen Geschlechtszellen aus verschiedenen Zellengenerationen des Mutterindividuums oder sogar von verschiedenen Exemplaren.

Die **Biologie der Samen und Früchte** beschäftigt sich vornehmlich mit den an ihnen wahrnehmbaren Einrichtungen, welche die Verbreitung der neuen Keime sichern.

Die Verbreitung der Samen und Früchte und die Verbreitung der Art, der sie zugehören, geschieht:

1. durch den Wind (anemochore Pflanzen). Die staubartig feinen Samen der Orchideen werden ebenso wie die Sporen vieler Kryptogamen und getrocknetes Bakterienmaterial durch Luftströmungen weit getragen. Umfangreiche und schwere Samen können durch besondere Flugorgane — häutige Säume und fallschirmartige Gebilde, Haarschöpfe usw. — zum Schweben befähigt werden (Koniferen-, Baumwoll- und Weidenröschensamen, „*Semen strophanti*“ u. a.). Ebensolche Vorrichtungen haben die Früchte vieler Pflanzen (*Acer* vgl. Fig. 69a, b, Früchte vieler Kompositen, des Baldrians usw.); bei der Linde (*Tilia*) hat der Fruchtstand, der als Ganzes sich vom Baume ablöst und durch den Wind verbreitet wird, ein als Flugorgan dienendes Hochblatt (Fig. 64a).

2. durch Wasser (hydrochore Pflanzen). Seine Wirkung wird namentlich durch die an den norwegischen Küsten strandenden Früchte illustriert, die der Golfstrom aus den Tropen verschleppt.

3. durch Tiere (zoochore Pflanzen), welche Früchte, die mit fleischigem Perikarp oder Exokarp ausgestattet sind (Beeren, Steinfrüchte), der saftigen, zuckerreichen Anteile wegen verzehren und die unverdaulichen Samen im Kot wieder von sich geben — oder welche an ihrem Pelzwerk allerhand rauhe Früchte oder Fruchtstände (*Galium aparine*, Kletten usw.) verschleppen.

4. durch eigene Bewegungsleistungen. Die Teilfrüchtchen des Reiherschnabels lösen sich von dem persistierenden Mittelsäulchen der Frucht durch hygroskopische Drehung ab (Fig. 114) und können dabei ansehnlich weit von der Mutterpflanze fortspringen. Die reifen Kapseln der Balsaminen springen bei Berührung elastisch auf und schleudern die Samen meterweit fort. Von den Ejakulationsbewegungen der Spritzgurke war früher (S. 136) die Rede.

5. durch den Menschen (anthropochore Pflanzen), der nicht nur planmäßig die ihm wertvollen Kulturpflanzen nach allen Ländern verbreitet, deren Klima ihre Zucht zuläßt, sondern auch unfreiwillig allerhand gleichgültige und schädliche Pflanzen durch Personen- und Warenverkehr, durch Völkerwanderungen und Krieg von Land zu Land wandern läßt.

Atypisches Schicksal der Geschlechtszellen. — Die Regeln, nach welchen zwei Geschlechtszellen sich miteinander vereinigen und zur Erzeugung eines neuen Organismus durch ihre Fusion befähigt werden, haben viele Ausnahmen.

Polyspermie. — Daß drei Zellen miteinander verschmelzen und ein einheitliches, vermutlich triploides Fusionsprodukt liefern, ist eine bei Algen wiederholt beobachtete Erscheinung. Bei *Spirogyra*, die an Kopulationsanomalien sich oft erstaunlich reich erweist (s. o. S. 167 und Fig. 149), ist der Fall nicht selten, daß drei Zellen durch Kopulationsschläuche sich verbinden und ihren Inhalt zu einer Zygospore zusammenfließen lassen; dabei sind es stets zwei männliche Zellen (s. o.), welche mit einer weiblichen kopulieren. Sehr viel seltener ist es, daß drei männliche ihren Inhalt in eine weibliche Zelle ergießen. Bei *Protosiphon*, einer kleinen Süßwasseralge, hat man drei schwärmende Gameten sich miteinander vereinigen sehen.

Daß zwei weibliche Kerne mit einem männlichen sich verbinden, ist bei der Kopulation der Polkerne der normale Gang der Dinge. Es gibt Pflanzen, bei welchen die Zahl der weiblichen Kerne durch die zu den Polkernen sich gesellenden Antipoden vermehrt wird, so daß vier oder fünf weibliche Kerne mit einem männlichen sich verbinden.

Die Polyspermie der Insekten u. a. besteht darin, daß mehrere Spermien in das Ei eindringen, ohne daß die Zahl der fusionierenden Kerne vermehrt würde. Dagegen ist es bei Seeigeln möglich, zwei Eier zusammenfließen zu lassen und hiernach zu befruchten. —

Parthenogenese oder Jungfernzeugung liegt vor, wenn eine Eizelle zum Embryo wird, ohne sich vorher mit einer männlichen Geschlechtszelle oder einem männlichen Geschlechtskern vereinigt zu haben.

Zwei Fälle der Parthenogenese sind vorstellbar: entweder die zum Embryo heranwachsende unbefruchtete Eizelle ist ebenso haploid wie die Eizelle der typisch sich entwickelnden Pflanzen (generative Parthenogenese), oder sie ist im Besitz des doppelten Chromosomensatzes und gleicht hierin der typischen Sporophytenzelle (s. o.). Dieser Besitz setzt voraus, daß die Reduktion des Chromosomenbestandes, die normalerweise der Bildung des Embryosacks vorausgeht, ausgeblieben ist (somatische Parthenogenese).

Parthenogenetische Entwicklung haploider Eizellen spielt im Tierreich keine geringe Rolle (*Apis mellifica*, *Hydatina senta*). Im Pflanzenreich ist sie eine seltene Erscheinung.

Bei manchen *Spirogyra*-Arten kann man allerhand parthenogenetische Erscheinungen oder die Bildung von „Parthenosporen" beobachten. Es tritt nicht selten ein, daß die Kopulation unterbleibt, und beide Zellen, die sich zur Fusion angeschickt hatten, je eine Spore ausbilden (Fig. 149 a und b) — oder daß der Fusionsakt unterbrochen wird, und die männliche Zelle auf halbem Wege stecken bleibt und zu einer Parthenospore gleichsam erstarrt (Fig. 149 c). Experimentell kann man Spirogyren zur generativen Parthenogenese bringen, indem man die unmittelbar vor der Fusion stehenden Gametenpaare plasmolysiert: aus jedem Gameten wird eine Parthenospore.

Bei den höheren Pflanzen tritt generative Parthenogenese nicht auf; nicht selten ist bei ihnen die somatische, d. h. die Entwicklung diploider Eizellen mit nicht reduzierter Chromosomenzahl. Beispiele liefern mehrere Arten der Gattung *Alchimilla*, ferner der Löwenzahn (*Taraxacum officinale*), einige *Hieracium*-Arten u. a.: die unbefruchtete diploide Eizelle liefert bei ihnen einen ebensolchen Embryo, wie er beim typischen Verlauf der Entwicklung nach Befruchtung einer haploiden Eizelle geliefert wird. —

Können auch die männlichen Geschlechtszellen zu einem neuen Organismus werden, ohne mit einer artzugehörigen Eizelle sich zu verbinden? Ephebogenese: d. h. Entstehung neuer Individuen aus einzelnen männlichen Ge-

schlechtszellen ist am ehesten für diejenigen Lebewesen zu erwarten, bei welchen die Differenzierung zwischen männlichem und weiblichem Geschlecht noch wenig betont ist; in der Tat liefern die Spirogyren mit männlichen und weiblichen Zellen die soeben erwähnten Parthenosporen (Fig. 149). Es erscheint nicht aussichtslos, auch Pflanzen mit wohldifferenzierten Geschlechtern zur Ephebogenese zu bringen: gelegentliche Beobachtungen an *Oedogonium*, einer mit ansehnlich großen, plasmareichen Spermatozoen ausgestatteten Grünalge, lehren, daß diese ergrünen, vermutlich auch zu neuen Fäden heranwachsen können.

Die Spermien der Tiere bzw. ihre Kerne können lange lebensfähig, ja sogar teilungsfähig bleiben, wenn sie in ein ihnen zusagendes plasmatisches

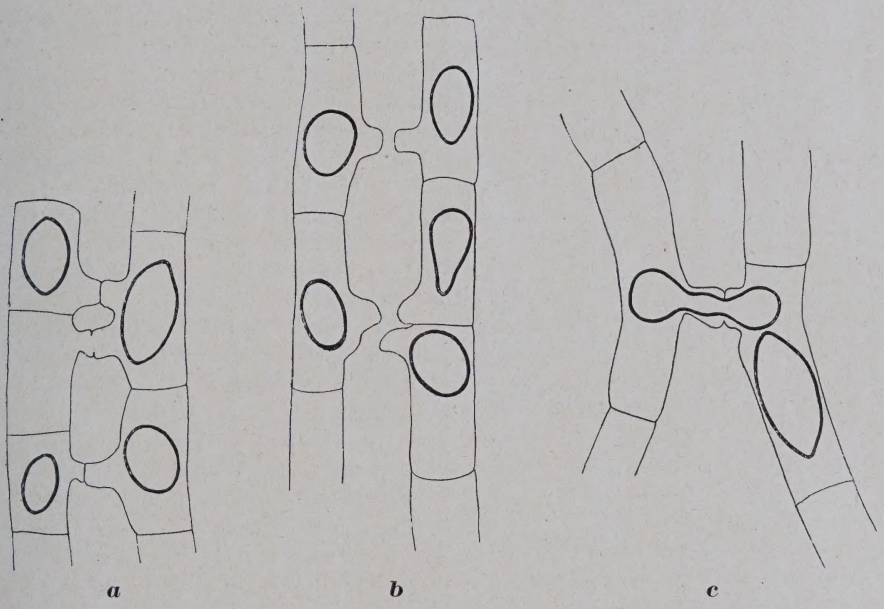


Fig. 149. Kopulationsanomalien bei *Spirogyra*: *a* drei Parthenosporen und eine auf normalem geschlechtlichem Wege entstandene (durch besondere Größe ausgezeichnete) Zygospore; *b* fünf Parthenosporen; *c* zwei Parthenosporen; der Inhalt eines der beiden Gameten ist auf halbem Wege stecken geblieben und zu einer anomal gestalteten Parthenospore geworden. Bei *a* eine mit zwei Kopulationsästen ausgestattete Zelle.

Medium gelangen. Die Spermien von Echinodermen regen künstlich entkernte Eier oder kernlose Anteile des Eiplasmas zur Entwicklung an (Merogonie): analoge Beobachtungen sind auch an vegetabilischen Eizellen gesammelt worden.

Für die Teleostier ist bekannt, daß Spermien in die Dottermasse eindringen und in ihr als „Merozyten" erhalten und teilungsfähig bleiben. Es bestehen Ähnlichkeiten zwischen diesem Prozeß und der vorhin (S. 162) geschilderten Endospermbildung der Angiospermen; bei dieser freilich tritt stets Vereinigung des generativen Kerns mit Kernen des weiblichen Gametophyten ein. —

Apogamie liegt vor, wenn nicht die Eizelle, sondern irgendeine andere im Embryosack liegende Zelle zu einem Embryo auswächst oder — all-

gemeiner gesprochen — eine vegetative Zelle des Gametophyten zu einem Sporophyten heranwächst. Namentlich bei Farnen ist Apogamie nicht selten. Bei den höheren Pflanzen sind analoge Fälle kaum bekannt. Bei den Balanophorazeen, einer Familie tropischer Parasiten, geht der Eiapparat und überhaupt der gesamte Inhalt des Embryosacks bis auf einen Polkern zugrunde; dieser liefert ein zellenreiches Gewebe (Endosperm), und aus einer Zelle des letzteren geht der Embryo hervor. —

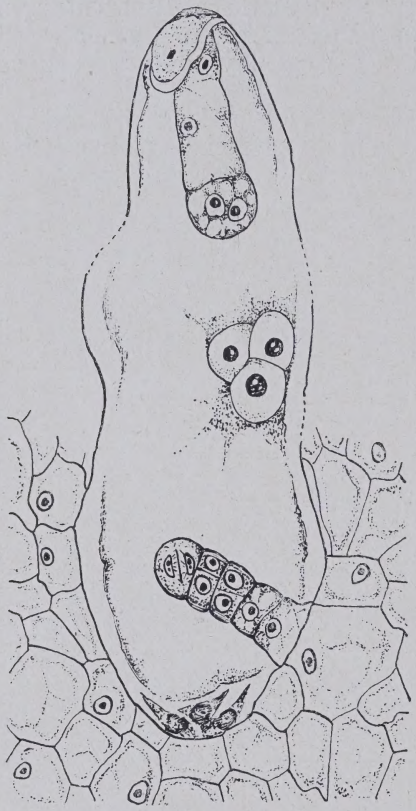


Fig. 150. Parthenogenese, Bildung eines Nuzellarembryos, Polyembryonie: Embryosack von *Alchimilla pastoralis* mit zwei Embryonen, der obere stammt von der (unbefruchteten) Eizelle, der untere von einer Zelle des Nucellus. In der Mitte des Embryosacks zwei Polkerne, zu welchen sich noch ein Kern des Eiapparates gesellt hat. Nach Murbeck.

Bei Apogamie wie Parthenogenese wird eine Gametophytenzelle zur Mutterzelle eines Embryos, d. h. eines neuen Sporophyten; der Generationswechsel (Gametophyt — Sporophyt) bleibt also beibehalten. Wird nun vollends eine Zelle des Sporophyten selber zur Mutterzelle eines neuen Sporophyten, so daß ein neuer Organismus erzeugt wird, ohne daß es zur Sporenbildung oder zur Entwicklung eines Gametophyten käme, so liegt vegetative Vermehrung vor, von der bereits vorhin die Rede war.

Besonderes Interesse haben diejenigen Fälle der vegetativen Vermehrung, die sich im Zellenkomplex der Samenknospe und in unmittelbarster Nähe des Gametophyten und seiner zu sexueller Fortpflanzung befähigten Zellen abspielen. Namentlich die Zellen des Nucellus (s. o. Fig. 143) sind bei manchen Pflanzen imstande, neue Organismen zu liefern, indem sie zu embryonenähnlich gestalteten Gebilden auswachsen. Fig. 150 erläutert, wie in dem nämlichen Embryosack mehrere Embryonen verschiedenster Herkunft sich entwickeln können: der untere stammt von einer Zelle des den Embryosack umgebenden Nucellus und wächst in das Lumen des Embryosacks hinein; der obere stammt von der Eizelle, die ohne Befruchtung (Parthenogenese, s. o.) zu einem Embryo ausgewachsen ist. Liegen in einem Embryosack oder in einem Samen mehrere Embryonen, so spricht man von Polyembryonie.

Sind auch die Nuzellarembryonen von dem Vollzug einer Befruchtung unabhängig, so steht ihre Bildung doch insofern noch in kausaler Beziehung zur Sexualbetätigung der Pflanze, als sie bei manchen Pflanzen erst unter dem Einfluß der Bestäubung erfolgt.

Variabilität, Mutation, Bastardierung. — Bei der Erforschung der morphologischen, anatomischen und physiologischen Eigentümlichkeiten

der Organismen leitet uns die Erkenntnis oder die Voraussetzung, daß die an den uns vorliegenden Exemplaren gefundenen Merkmale auch vielen andern Individuen eigen sind und namentlich allen denjenigen zukommen, die auf dem Wege ungeschlechtlicher Vermehrung als Kinder und Kindeskinder von einem Individuum geliefert worden sind, oder die sexuell erzeugte Nachkommenschaft eines gleichveranlagten Elternpaares darstellen.

Die vergleichende Prüfung zahlreicher Organismen bestätigt diese Voraussetzung nur unvollkommen. Denn auch Organismen, für welche wir auf Grund ihrer Verwandtschaft die denkbar vollkommenste Übereinstimmung ihrer Veranlagung annehmen müssen, zeigen allerhand Abweichungen untereinander; ja selbst gleichnamige Organe eines Individuums, die Blätter einer Baumkrone oder die Samenkörner, die in einer Kapsel reifen, sind in Größe, Gewicht, Proportionen, chemischer Zusammensetzung usw. einander nicht völlig gleich. Je feiner die angewandten Untersuchungsmethoden, um so weniger Individuen oder Organe werden sich finden, die miteinander ganz und gar übereinstimmen. Dieselbe Variabilität wie an Pflanzen läßt sich an Menschen, Tieren, Kristallen feststellen; überall läßt sich zeigen, daß bei Messung zahlreicher Individuen diejenigen Werte, welche dem Durchschnittswerte am nächsten liegen, am häufigsten auftreten, und die von ihm als Plusvarianten oder Minusvarianten abweichenden Werte seltener sind und zwar desto seltener, je weiter sie vom Mittelwert abliegen. Mit überzeugender Deutlichkeit hat sich bei Pflanzen zeigen lassen, daß die Variabilität nicht der Ausdruck einer die Organismen zum Variieren nötigenden Veranlagung, sondern die Reaktion der Pflanzen auf die von den Außenweltsfaktoren ausgehenden Wirkungen ist: sind die äußeren Bedingungen, unter welchen zahlreiche Individuen, sich entwickeln, nahezu konstant, so werden sich diese einander sehr ähnlich; wirken auf die einzelnen Individuen oder auf ihre Organe ungleiche Bedingungen ein, so werden die Schwankungen ihrer Merkmale erheblich.

Als Mutation wird das bei Durchsicht umfangreicher Aussaaten zuweilen beobachtete, unvermittelte Auftreten neuartiger Formen bezeichnet, die sich von den soeben behandelten Varianten durch ihre Erblichkeit unterscheiden und durch diese sich als Ausdruck für eine Änderung der Veranlagung des Individuums zu erkennen geben. Mutationen treten in beiden Organismenreichen auf; Änderungen in der Pelzfarbe, Hyperdaktylie, das Auftreten hornloser Schaf- und Rinderrassen, schwanzloser Katzen usw. sind ebenso auf Mutation zurückzuführen, wie die Entstehung schlitzblättriger Varietäten, abweichend gefärbter Blüten und vieler anderer für die gärtnerische und landwirtschaftliche Praxis bedeutungsvoller „Novitäten". In welchen Umständen wir die Ursache der Mutationen zu sehen haben, ist noch ungenügend geklärt. Namentlich zoologischerseits gewonnene Ergebnisse machen es wahrscheinlich, daß äußere Umstände bei manchen Arten das Auftreten von Mutationen begünstigen oder bewirken.

Knospenmutationen liegen dann vor, wenn z. B. nur ein Ast eines Baumes „mutiert", d. h. abweichende, neue Merkmale aufweist. Letzten Endes dürfte jede solche Knopenmutation auf eine Zellenteilung zurückzuführen sein, bei welcher die Eigenschaften und Veranlagungen der Mutterzelle sich ungleich auf die beiden Tochterzellen verteilen (inäquale Zellteilung). Demselben Prinzip entspricht die bei einzelligen Lebewesen, namentlich bei Bakterien beobachtete Mutation, d. h. die Bildung abweichend veranlagter

Individuen, die ihrerseits eine unter sich übereinstimmende umfangreiche Nachkommenschaft erzeugen.

Bastardierung. — Diejenigen Individuen, an deren Entstehung zwei verschiedenartig veranlagte Eltern beteiligt sind, heißen Bastarde (Hybriden, Blendlinge). Solche werden erzeugt, indem die von zwei Arten derselben Gattung oder sogar von Angehörigen verschiedener Gattungen stammenden Geschlechtszellen sich miteinander verbinden.

Die Bastardierung, Kreuzung oder Erzeugung von Bastarden war den Tierzüchtern längst bekannt (Maultiere und Maulesel), als 1760 der erste pflanzliche Bastard erzeugt wurde (Koelreuters Versuche mit Tabak). Seitdem aber der Augustinerpater Gregor Mendel das gesetzmäßige Verhalten pflanzlicher Bastarde aufgedeckt und die neueste Zeit seine Forschungen der Vergessenheit entrissen hat, ist vor allem durch die an Pflanzen gewonnenen Ergebnisse die experimentelle Vererbungslehre hervorragend gefördert worden. Der Vorsprung, den die botanische Forschung in vielen Zweigen vor der mit Tieren und Menschen beschäftigten gewonnen und dauernd bewahrt hat, liegt auch bei der Vererbungslehre in der größeren Einfachheit der vegetabilischen Organismen begründet, und namentlich in dem Umstand, daß bei außerordentlich zahlreichen Pflanzen die zur geschlechtlichen Erzeugung eines neuen Organismus erforderlichen Sexualzellen einem und demselben elterlichen Organismus entstammen dürfen, und daher beim Arbeiten mit Pflanzen alle Unklarheiten, Komplikationen und Fehlerquellen vermieden werden können, die bei Hinzuziehung und Verwertung eines zweiten Individuums unausbleiblich sind.

Das Verhalten der durch Kreuzung verschiedener Elternformen gewonnenen Nachkommen zu ihren Erzeugern ist verschieden: entweder sie nehmen eine intermediäre Stellung zwischen diesen ein, oder sie gleichen sämtlich dem Vater oder sämtlich der Mutter. Eine „Aufspaltung" der Nachkommenschaft, durch welche bei einigen Individuen die Merkmale des Vaters, bei andern die der Mutter erkennbar werden, erfolgt in allen Fällen erst bei der zweiten und den folgenden Bastardgenerationen.

Kreuzt man eine rotblühende *Mirabilis jalapa* mit einer weißblühenden (P), so erhält man lauter rosablühende Pflanzen (F_1). Bestäubt man diese untereinander, so entsteht eine neue Generation (F_2), die aus rot-, rosa- und weißblühenden Individuen sich zusammensetzt und zwar im Verhältnis von 1 : 2 : 1. Kreuzt man des weiteren die roten Individuen untereinander, so entstehen (F_3) nur rotblühende Nachkommen, die weißen erzeugen nur weiße; bei den Nachkommen der Rosablüher wiederholt sich aber wieder die Spaltung: 25 % fallen rot, 25 % weiß, 50 % rosa aus. Bei der nächsten Generation bleiben die roten und weißen rein, die rosablühenden spalten oder „mendeln" im angegebenen Verhältnis weiter. Aus Fig. 151, welche das Spaltungsgesetz schematisch zur Anschauung bringt, läßt sich ablesen, daß in der dritten Bastardgeneration nur vier intermediäre Individuen auf zwölf solche entfallen, die zu einer der beiden Elternformen zurückgeschlagen sind. Dieses Zahlenverhältnis wird bei jeder Generation immer ungünstiger für die intermediären.

Die Prävalenzregel erläutert Fig. 152. Kreuzt man zwei Nesseln, *Urtica pilulifera* und *Urtica Dodartii* miteinander, so entsteht wiederum nur eine Sorte von Bastardexemplaren (F_1), welche alle *Pilulifera*-Charakter haben, gleichviel ob der väterliche oder mütterliche Organismus dieser Art angehörte: während vorhin (Fig. 151) die Generation F_1 intermediären

Charakter hatte, wird nunmehr (Fig. 152) das Merkmal des einen der beiden Eltern herrschend, das des andern völlig verdrängt. Werden diese Bastarde untereinander bestäubt, so erwächst eine zweite Generation (F_2), welche im Verhältnis von 3 : 1 in *Pilulifera* und *Dodartii* aufspaltet. Die Untersuchung weiterer Generationen zeigt, daß die *Pilulifera*-Exemplare bei übereinstimmender äußerer Form innerlich verschiedenwertig sind: denn die Nachkommen eines Drittels von ihnen bleiben konstant beim *Pilulifera*-Charakter, die der übrigen mendeln weiter. Ein Vergleich der beiden Figuren 151 und 152 zeigt, daß alle diejenigen Bastardindividuen, welche im ersten Falle intermediäre Beschaffenheit aufwiesen, im zweiten den Charakter einer der beiden Elternformen wiederholen und zwar die *Pilulifera*-Form: ihr Merkmal „dominiert", das der *Dodartii* ist „rezessiv". Erst das Experiment vermag zu entscheiden, ob die Merkmale eines Elternpaares zu Bastardmischformen sich vereinigen können, oder ob ein Merkmal über das andere prävaliert.

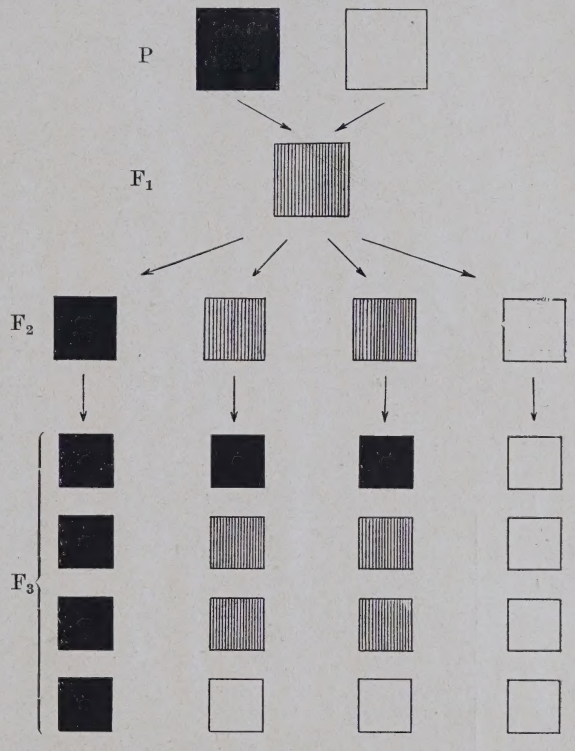


Fig. 151. Spaltungsgesetz. Eltern (P) und drei Bastardgenerationen (F_1, F_2, F_3) von *Mirabilis jalapa*: schwarze Füllung der Quadrate bezeichnet rote, ungefüllte Felder weiße Blüten, schraffierte Felder intermediäre rosa Färbung.

Bei den bisher erläuterten Fällen handelte es sich um die Kreuzung von Formen, die sich nur durch ein Merkmal unterschieden. Ungleich komplizierter fällt die Nachkommenschaft aus, wenn sich die Eltern in zwei oder mehr Merkmalen unterscheiden; denn im allgemeinen mischen sich die Merkmale bei den Bastardexemplaren unabhängig voneinander und erscheinen in ganz anderen Mischungen als bei den Eltern. Neben mendelnden Individuenreihen entstehen konstante, neue Merkmalskombinationen, deren Erzeugung für die landwirtschaftliche und gärtnerische Praxis von Wichtigkeit ist, wenn jene neuen und konstanten Merkmalsmischungen den Ertrag der Pflanze mittelbar oder unmittelbar heben helfen.

Die bei den Pflanzen ermittelten Gesetze der Vererbung beherrschen auch Tierreich und Menschengeschlecht: nachdem sie bei jenen aufgedeckt worden waren, konnnte man sie bei diesen durch Züchtung und statistische Vergleichung wiederfinden. Im Tierreich scheint der in Fig. 151 dargestellte Typus der Vererbung sehr viel häufiger zu sein als der bei Pflanzen

weit verbreitete in Fig. 152 erläuterte. Beim Menschen sind nicht nur bestimmte Rassecharaktere, sondern auch mancherlei bei einzelnen Individuen oder Familien gefundene physiologische Eigentümlichkeiten oder

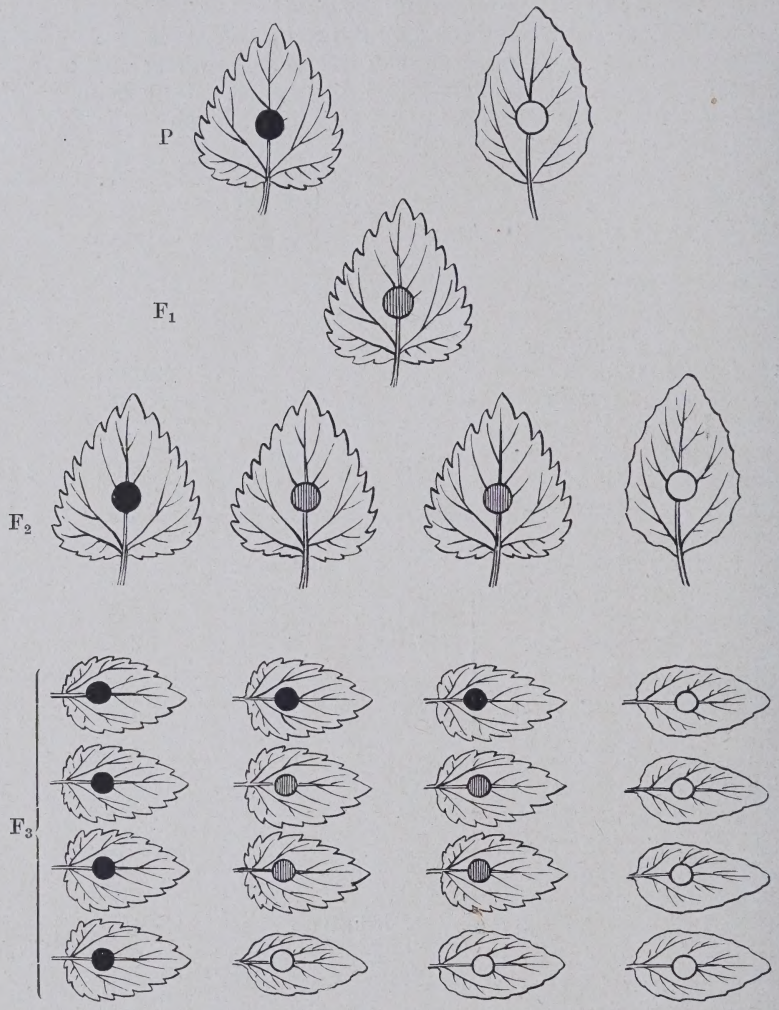


Fig. 152. Prävalenzregel. Eltern (P) und drei Bastardgenerationen (F_1, F_2, F_3) von *Urtica pilulifera* (links oben) und *U. Dodartii* (rechts oben). Mit schraffiertem Feld sind diejenigen Bastardexemplare bezeichnet, deren Nachkommenschaft sich aufspaltet, mit schwarzem oder weißem Feld diejenigen, deren Nachkommen das *Pilulifera*- oder *Dodartii*-Blatt konstant beibehalten. Nach Correns-Noll.

pathologische Erscheinungen als dominierend, andere als rezessiv erkannt worden. Dominierend sind die Merkmale des gekräuselten Haares (gegenüber dem glatten), des brünetten Haares (gegenüber dem blonden) oder der an das männliche Geschlecht gebundenen „Habsburger Lippe". Rezessiv verhält sich die blaue Iris gegenüber der braunen; auch der Albinismus

der Neger ist ein rezessives Merkmal. Den Pathologen interessiert der dominierende Charakter der erblichen Hypophalangie, der Tylosis palmarum, gewisser Formen des Glaukoms, der Diabetes insipidus, und der an das männliche Geschlecht gebundenen Erscheinungen der Rot-Grün-Blindheit und der Haemophilie.

Geschlechtsbestimmung als Vererbungsphänomen. — Beobachtungen, die namentlich an Pflanzen gewonnen worden sind, haben zu der Annahme geführt, daß bei getrenntgeschlechtigen Lebewesen die Eizellen, was das Geschlecht des künftigen Organismus betrifft, im allgemeinen die gleiche weibliche „Tendenz" haben; das männliche Geschlecht aber produziert meist zwei Sorten von Keimzellen: die eine hat männliche, die andere weibliche Tendenz. Vereinigt sich eine männliche Geschlechtszelle männlicher Tendenz mit einer Eizelle, so nötigt sie dieser ihr eigenes männliches Geschlecht auf. Verbindet sich die Eizelle mit einer männlichen Geschlechtszelle weiblicher Tendenz, so entsteht ein weiblicher Organismus. Die Bestimmung der Geschlechter erfolgt nach den Gesetzen der Vererbung: die Spermatozoen dürfen mit einem mendelnden Bastard, die Eizelle mit seinen rezessiven Eltern verglichen werden.

Bei den Tieren unterscheiden sich zuweilen die beiden Sorten männlicher Geschlechtszellen sehr auffällig, indem die eine von ihnen ein Chromosom mehr hat als die andere. Bei den Pflanzen fehlen, soweit bisher bekannt, dergleichen sichtbare Unterschiede: die Pollenkörner der diözischen Pflanzen sind offenbar in ihrer Veranlagung verschieden, morphologisch und zytologisch gleichen sie sich durchaus.

Die Sonderung der verschieden veranlagten Zellen tritt vermutlich bei der Reduktionsteilung ein; demnach müssen beide Arten männlicher Keimzellen in gleich großer Anzahl entstehen. Gleichwohl zeigt die bei Pflanzen durchgeführte Zählung ebenso wie die für Tiere und Menschen vorliegende Statistik, daß die Zahl der männlichen und weiblichen Exemplare nicht gleich ist. Beim Bingelkraut (*Mercurialis annua*) verhält sich die Menge der männlichen zu der der weiblichen wie 106 : 100 — also genau so wie beim Menschen — während andere diözische Pflanzenarten (*Cannabis*) das weibliche Geschlecht überwiegen lassen. Den Grund dafür, daß die faktisch beobachtete Mischung der Geschlechter nicht genau dem Verhältnis 1 : 1 entspricht, hat man für die Pflanzen darin gesucht, daß Pollenkörner beiderlei Art zwar in gleicher Zahl gebildet werden, aber nicht in gleichem Maße zur Befruchtung tauglich sind, vielmehr die eine gegenüber der andern im Vorteil ist. Wie sich mit der Theorie auch diejenigen Fälle in Einklang bringen lassen, in welchen ein Geschlecht die überwiegende Majorität aller Exemplare liefert (*Rumex thyrsiflorus* 90,44% ♀ und 9,56% ♂), ist noch unentschieden. —

Extraembryonale Vererbung. — Der Embryo, der nach Verschmelzung der Eizelle mit der Spermazelle sich entwickelt, enthält in jeder seiner Zellen einen Teil der väterlichen und der mütterlichen Zellensubstanz, vor allem des väterlichen und mütterlichen Zellkerns. Er gleicht hierin dem Gewebe, das wir als Endosperm kennen gelernt haben, und dessen Bildung ebenfalls durch die Fusion eines männlichen Geschlechtskernes mit Kernen des weiblichen Gametophyten angeregt wird. Es ist daher verständlich, daß bei Kreuzungen nicht nur im Embryo, sondern auch im Endosperm sich väterliche und mütterliche Anlagen mischen, wenn auch beim Endosperm in Anbetracht seiner beschränkten Entwicklungsdauer

und seiner geringen Größe die Mischung nur ausnahmsweise deutlich erkennbaren Ausdruck findet.

Vermag die Befruchtung auch auf solche Teile des Gynaeceums, deren Zellen nicht mit väterlichen Anteilen fusionieren, väterliche Eigenschaften zu übertragen? Wie von Tierzüchtern sind auch botanischerseits eigenartige Fälle der Merkmalsübertragung beobachtet worden, die man dahin gedeutet hat, daß fremder Pollen die Ausbildung der Samenschale und des Perikarps, andererseits bei Kreuzungsversuchen mit Vögeln die väterliche Spezies die Zeichnung der Eierschalen beeinflussen könne. Alle diese Fälle bedürfen erneuter kritischer Prüfung.

Vorgänge, die der Telegonie der Tierzüchter entsprechen, sind aus dem Pflanzenreich nicht bekannt. —

Weiterhin wäre zu untersuchen, ob nur durch Verschmelzung von Geschlechtszellen oder auch durch Fusion vegetativer Zellen Merkmale verschiedener Art auf den aus dem Fusionsprodukt erwachsenden Organismus übertragen werden können. Versuche, die an Pflanzen durchgeführt worden sind (Winkler), berechtigen zu der Annahme, daß eine Vererbung ohne Geschlechtszellen auf dem Wege rein vegetativer Zellenfusion im Bereich des Möglichen liegt; — daß aber andererseits die Vereinigung zweier Arten auf dem Wege der Pfropfung an sich nicht genügt, um an einem Edelreis die Mischung der ihm eigentümlichen Merkmale mit den der Unterlage herbeizuführen. Es ist bisher nicht ein einziger Fall bekannt geworden, in welchem die Vegetationspunkte eines Transplantats Organe produziert hätten, welche die Merkmale der Unterlage aufwiesen.

Gleichwohl vermag das Verfahren der Pfropfung zur Erzeugung von Formen zu führen, die man als Pfropfbastarde bezeichnet hat, weil sie durch eine Mischung der Merkmale der beiden durch Pfropfung miteinander verbundenen Arten gekennzeichnet werden. Solche Mischformen entstehen aber weder durch vegetative Zellenfusion noch durch Fernwirkung der Unterlage auf die Vegetationspunkte des Edelreises, sondern dadurch, daß an der Kontaktfläche der beiden Pfropfpartner Anteile von diesen miteinander verwachsen und einen einheitlichen harmonischen Vegetationspunkt bilden. Aus diesem vermag sich ein Trieb zu entwickeln, welcher der Länge nach aus Anteilen verschiedener Artzugehörigkeit besteht, so daß die beiden Längshälften verschiedene Merkmale aufweisen, oder ein Quadrant oder ein noch kleinerer Sektor sich von den übrigen Anteilen des Sprosses irgendwie unterscheidet — oder die Verwachsung der verschiedenartig veranlagten Gewebeanteile erfolgt in der Weise, daß der innere Teil eines Vegetationspunktes bzw. des aus ihm sich entwickelnden Sprosses von dem einen der beiden Pfropfpartner, die äußeren Zellenlagen von dem andern geliefert werden. Mischformen beiderlei Art nennt man Chimären: Chimären mit sektorialer Teilung heißen Sektorialchimären, Chimären der zweiten Art, bei welchen die Grenzfläche der beiden beteiligten Gewebesorten parallel zur Oberfläche der Organe verläuft, heißen Periklinalchimären.

Die berühmteste aller Chimären, die bisher nur in sehr geringer Zahl bekannt sind, verdient der 1829 entstandene, viel umstrittene Goldregen *Cytitus Adami*, genannt zu werden. Er ist ein durch Pfropfverbindung aus *Laburnum vulgare*, dem allbekannten gelbblühenden Goldregen, und dem purpurn blühenden *Cytisus purpureus* entstanden und hält sich mit vielen morphologischen Kennzeichen in der Mitte zwischen beiden Stammformen.

Adams Goldregen ist eine Periklinalchimäre: seine Epidermis stammt von *Cytisus purpureus*, das innere Gewebe von *Laburnum vulgare*.

Daß aus dem Tierreich keine Mischformen bekannt sind, welche als Chimären bezeichnet werden könnten, erklärt sich aus dem Charakter der Tiere als „geschlossene Formen" (p. 2). —

Eine sehr auffällige Form der Sektorialchimären, über deren Entstehung bisher nichts Sicheres zu ermitteln war, ist die Bizarria der „Agrumi" oder *Citrus*-Früchte. Hie und da werden in Gärten *Citrus*-Bäume gezogen, deren Früchte (vgl. Fig. 153) in sich die Charaktere verschiedener Arten vereinigen, und deren Perikarp sektorenweise verschiedene Ausbildung erfährt.

Von sektorialen Differenzierungen anderer Art wird im V. Kapitel zu sprechen sein.

Fig. 153. Bizarria: *Citrus*-Zweig mit sektorial differenzierten, die Charaktere verschiedener Arten nebeneinander zeigenden Früchten.

Über die Notwendigkeit der Sexualität für die Erhaltung der Lebenskraft einer Spezies haben sich manche Autoren dahin geäußert, daß auch diejenigen Organismen, welche ungeschlechtlich sich zu vermehren in der Lage sind, von Zeit zu Zeit der „Blutauffrischung" bedürften, welche durch sexuelle Zell- und Kernfusion vermittelt wird.

Es liegt kein Grund vor zu der Annahme, daß für die zur Sexualität befähigten Pflanzen der Sexualakt eine Notwendigkeit wäre, und sein Ausbleiben zu irgendwelchen degenerativen Veränderungen, „Depressionen" oder ähnlichem, führe. Namentlich für viele Kulturpflanzen ist bekannt, daß sie seit Jahrhunderten, ja seit Jahrtausenden unter Umgehung der Sexualität auf vegetativem Wege — durch Stecklinge — vermehrt werden, ohne daß ihre Vitalität Einbuße erlitten hätte. Die zellulare Beschaffenheit des pflanzlichen Vegetationskörpers schließt Vorgänge der „Endomixis", in welchen man vielleicht einen Ersatz für die fehlende Fusion sexueller Anteile sehen könnte (Beobachtungen an Protozoën), in jenen Fällen völlig aus.

IV. Kapitel: Pflanzenchemie.

Nicht weniger als durch ihre Organformen und ihre anatomische Struktur unterscheiden sich die Pflanzenarten auch durch die chemische Zusammensetzung ihrer Vegetationskörper. Ebenso wie morphologisch und anatomisch stimmen andererseits auch verwandte, im natürlichen System einander nahestehenden Arten und Gattungen auch chemisch miteinander überein.

Die chemische Untersuchung der Pflanzen macht uns mit neuen Eigentümlichkeiten und Merkmalen der Gewächse bekannt, deren Erforschung zunächst Aufgabe der reinen Botanik ist, und welche gleichzeitig für die Fragestellungen der angewandten Botanik die allergrößte Bedeutung haben. Sehen wir von der praktischen Bedeutung des Holzes für die verschiedensten Industrien ab sowie von den physikalischen Eigenschaften, welche viele Pflanzenfasern für die Textilindustrie wertvoll und unersetzbar machen, so stellt sich heraus, daß die Pflanzen vor allem durch ihre chemischen Eigenschaften für den Menschen bedeutungsvoll werden.

Die Pflanzenchemie hat festzustellen, aus welchen Stoffen die Pflanzen und ihre Teile in ihren verschiedenen Entwicklungsphasen und unter verschiedenartigen Entwicklungsbedingungen bestehen, und welche Stoffe die Pflanze produziert und nach außen abgibt. In vielen Fällen handelt es sich hierbei nicht anders als in der Tierchemie um Verbindungen höchster Komplikation, über deren chemische Qualitäten wir nichts oder fast nichts wissen, und deren Wirkungen auf Organismen verschiedener Art festzustellen bisher der einzige Weg zu ihrer Erforschung geblieben ist.

1. Wasser.

Alle lebendigen Pflanzenteile, auch das Holz und sogar die ruhenden Samen, enthalten reichliche Wassermengen. In wachsenden Organen sind gewöhnlich 80—90 % ihres Gewichts Wasser.

Der hohe Wasserreichtum erklärt die leichte Verderblichkeit vieler pflanzlichen Produkte, die durch künstliche Wasserentziehung behoben wird (Herstellung von Trockengemüse, Dörrobst, Kartoffelwalzmehl, Dörrpilze usw.).

Auch totes lufttrockenes Pflanzenmaterial, Mehle, Praeserven, selbst „trockenes“ Holz usw. enthalten noch beträchtliche Mengen Wasser.

Um das Wasser irgendwelchen Pflanzenteilen vollständig zu entziehen und ihr „Trockengewicht“ zu ermitteln, halte man sie bei einer Temperatur von 100—110°, bis Gewichtskonstanz erreicht ist, d. h. kein Wasser mehr abgegeben wird.

Das Alter der Pflanzenteile, die Qualität und spezifischen Eigentümlichkeiten der verschiedenen Organe, die Lebensbedingungen, besonders die

Witterungs- und Ernährungsverhältnisse, unter welchen sie sich entwickelt haben, sind von Einfluß auf den Wassergehalt. Im allgemeinen sind stoffspeichernde Organe wasserärmer als andere und die Samen die wasserärmsten unter diesen.

In beifolgender Tabelle sind einige für die Ernährung der Menschen wichtige Vegetabilien oder die aus solchen hergestellten Lebensmittel vergleichsweise mit einigen dem Tierreich entstammenden Stoffen zusammengestellt.

100 Teile enthalten ungefähr (nach König und R. Berg) Teile Wasser.

Kopfsalat	94
Spargel, Radieschen	93
Sauerkraut, Blumenkohl	91
Weißkohl, Rotkohl	90
Kleine Möhren, Spinat	89
Champignons	89
Vollmilch	86—89,5
Wirsing	87
Kohlraben, Rosenkohl, Löwenzahn	85,6—86
Erdbeeren	85
Puffbohnen	84
Winter (Grün-)kohl	80
Topinambur	79
Grüne Gartenerbsen	77
Pflaumen	77
Mageres Rindfleisch	75,5
Kartoffeln	75
Kirschen	69—74
Äpfel	66
Ei	74,2
Bananen	50
Roggenschwarzbrot	42
Maronen	39
Grobes Weizenbrot	37,3
Feines Weizenbrot	33,7
Dörräpfel	30
Dörrpflaumen	28
Datteln	23
Gerstengries, Roggenmehl	14
Feines Weizenmehl	12,6
Bohnen, Linsen, Erbsen	12—14
Kakao	7,5
Bucheckern	6,5
Walnüsse	3.

Während Fleisch bei der küchenüblichen Zubereitung 20—40 % Wasser verliert, nehmen Vegetabilien beim Kochen noch reichliche Mengen Wasser auf.

Viele von ihnen werden erst durch starke Wasseraufnahme für den Menschen genießbar. Starke Veränderungen hat das Kochen mit Wasser namentlich auf die Stärkekörner, die bei hohen Temperaturen

mehr oder minder vollkommen verquellen (verkleistern) und hierbei sehr beträchtliche Mengen von Wasser an sich binden; rohe Kartoffeln haben wässerige Beschaffenheit; gekochte sind trocken und mehlig, wenn das Wasser an die Stärke gebunden worden ist. Ähnliche Bedeutung hat die Aufnahme des Wassers und seine Bindung an die Stärke bei der Herstellung des Brotes (s. u. II. Teil).

2. Asche, Mineralbestandteile.

Glüht man eine Probe der Trockensubstanz eines Pflanzenteils im Platintiegel oder in geeigneten Porzellangefäßen, so bleibt der unverbrennbare Bestandteil als Asche (Mineralbestandteile) zurück.

Hoher Aschengehalt zeichnet im allgemeinen reife Samen aus (2—3 % des Frischgewichts bei den Hülsenfrüchten). Die äußeren Schichten des Getreidekorns sind aschenreicher als die inneren Anteile: kleiereiches Mehl oder Brot daher aschereicher als fein ausgemahlenes Material.

Hafergrütze	2,5 %
Roggenmehl	2 %
Grobes Weizenmehl	1 %
Feines Weizenmehl	0,8 %.

Bei den Gemüsen schwankt der Aschegehalt zumeist zwischen 1 und 1,5 %; Spinat und Grünkohl haben bis 2 %. Wirsing 2,5 %. Aschearm ist im allgemeinen das Obst (frische Äpfel 0,5 %).

Starke Transpiration fördert den Aschegehalt; die Blätter sind als stark transpirierende Organe aschereicher als Stengel und Wurzeln. Wurzelgemüse sind daher ascheärmer als Blattgemüse (Teltower Rübchen 7,69 %, rote Rüben 6,58 %, Meerrettich 5,56 %, Kohlrüben 4,79 %, Möhren 4,34 % der Trockensubstanz). Besonders hohen Aschegehalt haben — wie beim Rauchen einer Zigarre erkannt wird — die Blätter von *Nicotiana tabacum*, ferner die von *Beta vulgaris*. Beim Schachtelhalm (s. u.) ist ungefähr ein Viertel der Trockensubstanz Asche, beim Spinat und Salat 18,2—18,5 %, beim Wirsing 9,05 %, bei Blumenkohl 9,1 %.

Der hohe Aschegehalt, der bei Analyse mancher zubereiteter vegetabilischer Nahrungsmittel gefunden wird, erklärt sich durch ihren künstlichen Salzzusatz (NaCl).

Über den Einfluß der Düngung auf die chemische Zusammensetzung der Pflanzen, insbesondere ihren Aschengehalt, und über den Unterschied zwischen wildwachsenden und kultivierten Pflanzen hinsichtlich ihres diätetischen Wertes ist wenig bekannt.

Die chemische Zusammensetzung der Asche ist bei verschiedenen Pflanzen insofern gleichartig als sich überall K_2O, Na_2O, CaO, MgO, Fe_2O_3, $(NH_4)_2O$, Mn_2O_3, Al_2O_3, ferner N_2O_5, P_2O_5, SO_3 und Cl gefunden werden. Dazu kommen bei vielen Pflanzen noch größere oder geringere Mengen von SiO_2. Andererseits sehen wir, daß die absolute und relative Reichlichkeit der einzelnen Bestandteile innerhalb weiter Grenzen schwankt und selbst bei Gewächsen, die im System einander nahestehen, recht verschieden ausfallen kann.

Manche Aschenbestandteile treten in ungefähr gleichbleibenden absoluten Mengen im Pflanzenkörper auf (Kalium, Phosphor) und werden durch

Düngung nur wenig beeinflußt (P); andere Bestandteile hingegen sind je nach den Ernährungsverhältnissen reichlich oder spärlich vertreten (Kalzium, Silizium, Chlornatrium u. a.), so daß die prozentuale Zusammensetzung der Asche — auch was K und P betrifft — durch sie in starke Schwankungen gebracht wird.

Kalium ist in allen lebenden Zellen, vor allem in den Vakuolen anzutreffen; Kern und Chromatophoren sind K-frei. Organe, welche viel Kohlehydrate enthalten, pflegen auch reich an K zu sein. Nach Rubner ist die Kartoffel ein für die K-Versorgung der Menschen besonders günstiges Nährmittel. Kalium tritt reichlich in den Laubblättern und Samen auf (20—50 % der Gesamtasche), die Schwankungen des K-Gehaltes sind gering.

Kalzium ist im allgemeinen schon mikroskopisch und ohne Zuhilfenahme chemisch-analytischer Methoden leicht nachzuweisen: Kalziumoxalat tritt in kristallinischer Form auf (Fig. 77), Kalziumkarbonat amorph in den Membranen (Fig. 79 b). Ca-Verbindungen enthalten die mittelsten Schichten aller Zellmembranen („Mittellamellen"). Die Bedeutung des Kalzium für die Pflanze ist zweifellos groß und vielseitig: Ca als Mittel zur Bindung schädlicher Stoffwechselprodukte (Entstehung des oxalsauren Kalzium), als ein für die Membranbildung und im Stoffwechsel des tierischen wie pflanzlichen Zellkerns notwendiges Agens. Bei den Kalkalgen, welche durch außerordentlich reiche Ca-Einlagerung geradezu petrifizieren (*Lithothamnium*, *Lithophyllum*), spielt der Kalk eine ähnliche Rolle als Stützsubstanz wie im Tierreich; festigende Wirkung hat Ca für die Samen mancher Pflanzen (*Lithospermum*). — Kalk ist der wichtigste Bestandteil der Laubblattasche; Tabakasche besteht etwa zur Hälfte aus CaO. Je älter die Blätter, um so reicher an Ca; für die immergrünen Nadeln der *Abies pectinata* werden 66,54 % CaO angegeben. Der Kalkgehalt der Blätter schwankt stark mit den Lebensbedingungen (Kartoffel 16,1—46,7 %, Zuckerrübe 5,7—32,3 % CaO usw.).

Milch und Vegetabilien sind die Ca-reichsten Nahrungsmittel des Menschen.

Magnesium ist in der Asche der Blätter besonders reichlich: 3—8 % der Gesamtasche sind gewöhnlich MgO. Der Gehalt an Mg ist zuweilen erheblich höher und starken Schwankungen unterworfen: bei der Zuckerrübe schwankt er zwischen 6,8—20,5 %, bei der Kartoffel zwischen 7,0—28,5 %. Chlorophyll ist Mg-haltig (s. u.). Auch die Samen, namentlich die fettführenden, sind reich an Mg (*Brassica Rapa* 11,80 %, *Papaver* 9,49 %, *Theobroma* 11,06 %, *Juglans* 13,03 %), das einen beträchtlichen Teil der Globoide der Aleuronkörner (s. o. S. 68) ausmacht. Sehr hoher Mg-Gehalt der Milchsäfte vieler Pflanzen.

Eisen tritt in Blättern in wechselnder (1—4 % der Gesamtasche), meist geringer Menge auf. Auch hier sind die Schwankungen groß (Kartoffel: 1,8—4,3 %). In Samen ist der Fe-Gehalt gering (1,5—0,1 % der Gesamtasche). Vermutlich enthält jede Zelle, jeder Zellkern Fe — zumeist allerdings in organischer Bindung als sog. maskiertes Eisen, das sich dem unmittelbaren Nachweis entzieht und erst nach Veraschung des Materials erkennbar wird.

Phosphor ist vor allem in den Samen reichlich vorhanden. Daß Phosphorsäure 50 % ihrer Gesamtasche ausmacht, ist nicht selten. Das aus

Samen und Laubblättern gewonnene Phytin ist eine Anhydro-Oxymethylen-Diphosphorsäure. Alle Zellkerne bestehen aus P-haltigen Eiweißverbindungen (Nukleoproteïden). Laubblätter sind verhältnismäßig P-arm (8—15 %).

Natrium ist in Blättern meist nur mit 1—3 % der Gesamtasche vertreten. Ihr Gehalt an NaCl wechselt außerordentlich stark. In der Nähe des Meeres steigt er stark an. Noch spärlicher als in den Blättern ist Na_2O in den Samen vorhanden.

Nitrate lassen sich in den Wurzeln und Achsen vieler Pflanzen, oft auch in Blättern nachweisen. Im allgemeinen nimmt der Nitratgehalt der Pflanzen von unten nach oben ab. Wechselnder Gehalt des Bodens an Nitraten läßt den Gehalt der Pflanzen an diesen stark schwanken. Besonders nitratreich sind die Ruderal- oder Schuttpflanzen wie *Chenopodium*, *Urtica*, *Mercurialis*, *Capsella* u. a.

Jod ist in Spuren weit verbreitet; nennenswerte Mengen enthalten fast nur die Braunalgen des Meeres (*Fucus* und *Laminaria* 12 mg in 100 g Frischsubstanz).

Kieselsäure ist bei vielen Pflanzen nur spurenweise, bei andern in sehr großen Mengen vorhanden. Der Gehalt an SiO_2 scheint in Beziehungen zum Gehalt der Pflanzen an CaO zu stehen: wo viel CaO vorhanden, ist wenig SiO_2 zu erwarten — und umgekehrt. Wie die Ca-, spielen auch die Si-Verbindungen eine Rolle als Stützsubstanz des Pflanzenkörpers (s. o.). Reich an SiO_2 sind die Gramineen, Zyperazeen, Palmen und Schachtelhalme; letztere enthalten SiO_2 bis zu 70 % der Gesamtasche. Über die Kieselsäure der Diatomeen oder Kieselalgen siehe den Zweiten Teil des Buchs.

Sehr viele Aschenbestandteile kommen in wasserlöslicher Form im Pflanzenkörper vor. Daraus ergibt sich, daß beim Kochen vegetabilischer Nahrungsmittel sehr stattliche Anteile des Salzgehalts in das Kochwasser übergehen — ebenso wie bei Herstellung einer Fleischbrühe. Namentlich die basischen Bestandteile gehen schnell in das Kochwasser über und machen dieses diätetisch wertvoll. Auch die Si-Verbindungen können in heißem Wasser gelöst und im Teeaufguß vieler Pflanzen genossen werden. Ein Dekokt von Schachtelhalm (*Equisetum arvense*, sterile Halme) ist erstaunlich SiO_2-reich (Kobert). Auch *Galeopsis ochroleuca* und *Polygonum aviculare* liefern einen sehr kieselsäurereichen Tee.

Von großer Bedeutung für die Diätetik wird nach R. Berg die prozentuale Zusammensetzung der Asche deswegen, weil nach ihm eine dauernd gesunde menschliche Nahrung mehr Äquivalente anorganischer Basen als anorganischer Säuren enthalten muß. Großen Basenüberschuß zeigen nach Berg alle Wurzelgemüse, sowie die Kartoffel, überhaupt die Gemüse im allgemeinen. Nur einige Blüten- und Knospengemüse (Artischocke, Rosenkohl) haben Säureüberschuß; der Blumenkohl, von welchem die Blütenstände genossen werden, scheint hingegen wieder Basenüberschuß zu haben. Für den Grünkohl findet Berg zunehmenden Säuregehalt, je jünger die untersuchten Blätter sind, und beim Spargel sind die stickstoffreichen „Köpfe" durch starken Säureüberschuß von den basischen Stengeln unterschieden. Alle Obstarten sind basenreich — außer den S-reichen Preißelbeeren. Eiweiß- und fettreiche Vegetabilien (Nüsse) sind säurereich, ebenso die Körnerfrüchte und reifen Hülsenfrüchte. Jugendliche Erbsen haben Basenüber-

schuß, desgleichen die Edelkastanien. Blut und Milch sind basisch; Fleisch und Eier haben starken Säureüberschuß.

1000 g frische Nahrungsmittel enthalten (nach König und R. Berg)

	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_3	SO_3	Cl
Blut (durchschnittlich) . . .	0,904	3,509	0,107	0,062	0,752	0,699	0,195	2,798
Rindfleisch (mager)	5,078	1,048	0,172	0,292	0,070	5,496	6,258	0,403
Hühnerei (ohne Schale) . . .	1,845	1,979	0,963	0,216	0,022	5,153	5,981	0,939
Kuhmilch	1,902	0,610	1,754	0,162	0,005	1,677	0,990	0,651
Roggen	5,810	0,266	0,532	2,031	0,224	8,641	0,232	0,087
Reis (polierter)	0,746	0,189	0,111	0,384	0,042	1,842	0,021	0,003
Kartoffeln (Paulsons Juli) . .	4,698	0,383	0,197	0,375	0,021	1,110	0,720	0,518
Kohlraben	4,068	0,750	1,264	0,788	0,348	2,523	1,018	0,569
Möhren	2,720	1,557	0,834	0,322	0,074	0,940	0,474	0,337
Rettich (weißer Früh-) . . .	3,565	0,559	0,133	0,326	0,266	0,574	2,004	0,699
Wirsing	2,852	0,296	0,584	0,197	0,017	1,015	1,157	0,074
Rotkraut	2,953	0,517	0,400	0,285	0,255	0,628	1,629	1,001
Rosenkohl	4,521	0,048	0,381	0,333	0,084	2,913	5,082	0,402
Löwenzahn	5,546	2,274	1,467	0,596	0,252	1,635	0,417	0,988
Spinat	8,939	0,945	0,831	0,951	0,437	3,762	2,703	1,272
Zwiebeln (blaßrote)	1,541	0,354	0,427	0,111	0,024	0,544	1,845	0,267
Erbsen (junge grüne)	3,872	0,289	0,469	0,710	0,024	2,825	1,510	0,360
Äpfel (Hammerstein)	0,611	0,118	0,082	0,040	0,007	0,161	0,263	0,011
Zwetschen	2,509	0,130	0,278	0,135	0,204	0,748	0,377	0,031
Kirschen (süße)	0,699	1,254	0,191	0,090	0,024	0,372	0,425	0,517
Erdbeeren	1,259	0,276	0,410	0,220	0,132	0,871	0,317	0,136
Preißelbeeren	1,086	0,052	0,379	0,159	0,022	0,294	3,940	0,006
Bananen	2,896	0,487	0,143	0,350	0,176	0,653	0,475	0,815
Haselnuß	3,724	0,126	2,003	1.159	0,256	4,052	2,481	0,334
Maronen	5,173	0,725	0,394	0,761	0,014	1,845	0,392	0,053
Champignons (frische)	2,773	0,924	0,041	0,029	0,063	0,844	1,329	0,250

In nachfolgender Tabelle, die über zahlreiche Einzelheiten Aufschluß gibt, ist die Salpetersäure zu den Basen gerechnet, weil sie im Organismus zu NH_3 reduziert wird.

Einige besonders hohe Werte sind durch Fettdruck ausgezeichnet.

Bei Verwertung dieser und ähnlicher Tabellen, welche über die Zusammensetzung der Pflanzenasche berichten, hat man sich stets die starken Schwankungen zu vergegenwärtigen, welchen der Gehalt der Vegetabilien an vielen Mineralbestandteilen ausgesetzt ist. Düngung mit Ammoniumsulfat und Superphosphat bewirken starke Anreicherung der Pflanzen an S und P und Steigerung ihres Säuregehaltes.

3. Organische Säuren.

Organische Säuren verschiedenster Art sind im Pflanzenreich weit verbreitet. Pflanzensäfte reagieren im allgemeinen sauer.

Große praktische Bedeutung haben die Säuren einerseits als Geschmacksstoffe mancher vegetabilischer Nahrungsmittel, vor allem des Obstes, und durch ihre durststillende Wirkung, andererseits als Gifte. Die als sauer bekannten Früchte enthalten nicht eine Säure, sondern Säurengemische. Ihr Säuregehalt wechselt mit dem Entwicklungszustand:

reife Früchte haben weniger Säure als unreife. Säureproduktion durch Pilze und Bakterien ist ein für manche Zweige der Technik wichtiger Prozeß.

Die Säuren des Pflanzenkörpers entstehen vorzugsweise bei der Atmung durch unvollkommene Oxydation der Kohlehydrate. Gut unterrichtet sind wir über Auftreten und Schwinden der organischen Säuren für die Sukkulenten: sie veratmen ihre Kohlehydrate zu Säure, diese liefert bei Belichtung neben anderen Stoffen CO_2, und diese wird von der Pflanze photosynthetisch verwertet (s. o. S. 122). Auch die Säurebildung durch Schimmelpilze hat die gleichen Beziehungen zur Atmungstätigkeit. Die Essigsäurebildung durch Bakterien (s. o. S. 122), ist das Produkt eines Oxydationsvorganges. Vielleicht gibt es hierneben auch Fälle, in welchen die Säurebildung als Produkt eines assimilativen Vorgangs anzusprechen ist (Oxalsäure des Rhabarbers).

Apfelsäure ($CH \cdot OH \cdot CO_2H \cdot CH_2 \cdot CO_2H$ „*Acidum malicum*“) kommt frei und als Ca-Salz in den Früchten vieler Pflanzen (Rosazeen u. a.) reichlich vor: Äpfeln, Kirschen, unreifen Pflaumen und Vogelbeeren (*Sorbus aucuparia*), ferner in der

Mineralbestandteile in Milligramm-Äquivalenten (nach R. Berg).

	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	$(NH_4)_2O$	Mn_2O_3	Al_2O_3	N_2O_5	Basen-summe	P_2O_5	SO_3	Cl	Säure-summe	Gesamt-summe
1. Löwenzahn	11,77	7,34	5,23	2,96	0,95	0,88	2,87	0,08	1,37	33,45	6,90	1,04	2,79	10,73	+17,52
2. Rosinen (ohne Kämme)	20,21	5,03	4,15	5,47	1,09	—	—	—	—	35,95	14,85	3,11	2,89	20,85	+15,10
3. Spinat (Ende März)	18,98	3,05	2,96	4,72	1,64	3,25	2,85	0,05	1,82	39,32	15,89	6,75	3,59	26,23	+13,09
4. Brechbohnen, frische grüne	7,94	0,87	1,58	1,28	0,03	0,83	4,44	0,05	2,07	19,09	3,86	2,79	0,85	7,50	+11,59
5. Sauerampfer	9,31	0,20	1,94	3,45	2,88	1,72	2,60	0,08	0,97	23,05	6,99	2,61	1,92	11,52	+11,53
6. Kartoffeln (Paulsons Juli)	9,97	1,24	0,70	1,86	0,08	0,74	0,46	Spur	0,20	15,25	4,69	1,80	1,46	7,95	+ 7,30
7. Rotkraut	6,27	1,67	1,43	1,41	0,96	2,63	0,68	0,23	0,55	15,83	2,65	4,07	2,82	9,54	+ 6,29
8. Erbsen (junge frische)	8,22	0,93	1,67	3,52	0,09	4,20	0,67	0,01	2,56	21,87	11,93	3,77	1,02	16,72	+ 5,15
9. Wirsing	6,06	0,95	2,08	0,98	0,06	0,39	0,99	0,01	0,42	11,94	4,29	2,89	0,21	7,39	+ 4,55
10. Champignons (frische)	5,89	2,98	0,15	0,14	0,24	—	—	—	—	9,40	3,56	3,32	0,71	7,59	+ 1,81
11. Äpfel (Hammerstein)	1,30	0,38	0,30	0,20	0,03	0,34	0,08	Spur	0,09	2,72	0,68	0,66	0,03	1,85	+ 0,87
12. Reis-Stärke	1,55	0,37	0,87	1,65	0,12	0,13	0,74	0,02	0,12	5,57	5,96	3,77	0,52	10,25	— 4,68
13. Preißelbeeren	2,31	0,17	1,35	0,79	0,08	1,06	0,02	0,01	0,51	6,30	1,24	9,84	0,02	11,10	— 4,80
14. Kommisbrot (sächsisches)	6,58	8,66	1,07	2,88	0,16	0,50	0,11	0,01	0,53	20,50	16,03	5,45	6,41	27,89	— 7,39
15. Walnüsse	4,50	0,88	2,90	3,04	0,07	0,65	0,34	0,20	0,31	12,89	15,75	3,27	1,14	20,61	— 7,72
16. Rosenkohl	9,60	0,15	1,25	1,65	0,32	1,47	1,08	0,38	0,35	16,25	12,30	12,69	1,13	26,12	— 9,87
17. Erdnüsse	10,82	1,30	5,56	9,12	1,30	0,72	1,58	0,01	1,38	31,79	34,31	7,72	2,46	44,49	—12,70
18. Reis (halbgeschält)	5,97	3,13	4,41	7,17	0,44	0,91	0,22	0,11	1,27	23,63	35,63	27,08	0,05	62,76	—39,13

Bei Berechnung der Gesamtsumme (letzte Kolumne) sind die Basen als positiv, die Säuren als negativ gezählt worden.

Weinbeere, den wohlschmeckenden Früchten der Berberitze, der Tomate usw., namentlich auch in den dicken Blättern der Krassulazeen (S. 122).

Weinsäure oder Weinsteinsäure ($CHOH \cdot CO_2H \cdot CHOH \cdot CO_2H$) wird im Pflanzenreich vorzugsweise in der rechtsdrehenden Modifikation (Rechtsweinsäure, „*Acidum tartaricum*“) gefunden; ihre Verbreitung ist ähnlich wie die der Apfelsäure. Besonders reichlich und allbekannt ist ihr Auftreten in den Früchten von *Vitis* oder im Most als saures weinsaures K und Ca. Die Salze scheiden sich sobald der Most alkoholhaltig wird, als „roher Weinstein“ an den Faßwandungen ab, aus dem der offizinelle Weinstein (= Kaliumbitartrat „*Tartarus depuratus*“) gewonnen wird.

Zitronensäure ($[H_2C \cdot CO_2H]_2 HOC \cdot CO_2H$ „*Acidum citricum*“) tritt frei im Saft vieler Früchte auf, vor allem in der Zitrone (7—9 %) und einheimischem Beerenobst (Heidel-, Preißel-, Johannis-, Stachelbeere) usw. Einige Schimmelpilze (*Citromyces*-Arten) verarbeiten Zucker zu Zitronensäure.

Bernsteinsäure ($[CH_2 \cdot CO_2H]_2$ „*Acidum succinicum*“) hat ihren Namen nach dem Auftreten im Bernstein. Weit verbreitet in Beerenobst (Rebe, *Ribes*-Arten), Bananen, Äpfeln, Rhabarberstielen usw. Nebenprodukt der alkoholischen Hefegärung.

Oxalsäure oder Kleesäure ($[CO_2H]_2$, „*Acidum oxalicum*“) ist im Pflanzenreich außerordentlich weit verbreitet und erscheint als wasserlösliches K- oder wasserunlösliches Ca-Salz (Kalziumoxalat, s. o. Fig. 77); findet sich in manchen Pflanzenorganen so massenhaft, daß man schon makroskopisch die angehäuften kristallinischen Elemente erkennen (Pulver der „*Cortex quillajae*“, 11,5 % Ca-Oxalat) oder beim Zerbeißen spüren kann („*Rhizoma rhei*“). Die Flechte *Lecanora esculenta* enthält dasselbe Salz bis 66 % des Trockengewichtes. Saures Kaliumoxalat wird, weil wasserlöslich, schon am Geschmack mancher Pflanzenteile erkannt: der Sauerampfer (*Rumex*), die Rhabarberblätter, der Sauerklee (*Oxalis*) bekommen ihren charakteristischen Geschmack durch jenes. Auch bei den Chenopodiazeen (*Spinacia* u. a.) wird dasselbe Salz gefunden. Daß Genuß von *Rumex* zuweilen Störungen, der der Rhabarberblattspreiten sogar bedenkliche Vergiftungserscheinungen hervorrufen kann, hängt vermutlich mit dem Reichtum beider Gattungen an K-oxalat zusammen; unerklärt bleibt zunächst, warum nur manchmal und unter welchen Bedingungen *Rheum*-Blätter giftig wirken.

Ameisensäure ($H \cdot CO \cdot OH$) erscheint in verschiedenen Früchten nur sehr spärlich, weiterhin in den Brennhaaren von *Urtica* (s. o. Fig. 100), den Nadeln mancher Koniferen, den *Juniperus*-Früchten u. a.

Essigsäure ($CH_3 \cdot CO_2 \cdot H$) nur spärlich in wenigen Früchten. Oxydationsprodukt der Essigsäurebakterien (s. o. S. 122).

Milchsäure ($CH_3 \cdot CHOH \cdot CO_2H$) entsteht im Pflanzenkörper in geringen Mengen bei der intramolekularen Atmung. Wichtiges Spaltungsprodukt, das bei der Milchsäuregärung in rechts- und linksdrehender Modifikation durch die Tätigkeit der Milchsäurebakterien aus Trauben-, Milch- oder Rohrzucker entsteht (S. 126).

Wichtige aromatische Säuren sind folgende;

Die antiseptisch wirkende Benzoësäure ($C_6H_5CO_2H$), tritt z. B. in den Preißelbeeren auf; sie bildet einen Bestandteil vieler Harze und Balsame (s. u.).

Zimtsäure ($C_6H_5 \cdot CH \cdot CH \cdot CO_2H$) wird ebenfalls in Balsamen gefunden, in den Teeblüten und den „*Folia coca*", Salizylsäure ($HO \cdot C_6H_4 \cdot CO_2H$) in Erd- und Himbeeren, in *Reseda* und „*Radixipecacuanhae*".

Kumarin, das Anthydrid der ungesättigten Kumarinsäure, ist ein im Pflanzenreich weitverbreiteter Duftstoff, der sich beim Welken und Trocknen vieler Pflanzenteile entwickelt. Sein Auftreten im Ruchgras (*Anthoxanthum odoratum*) und andern Gräsern bewirkt den charakteristischen bekannten Heugeruch; als Gewürz dient wegen seines Reichtums an Kumarin der Waldmeister (*Asperula odorata*). Weitere Kumarinpflanzen: Tonkabohne (*Dipteryx odorata*), Weichselkirsche (*Prunus Mahaleb*), Honigklee (*Melilotus officinalis*).

4. Alkohole.

Vor allem wichtig der Äthylalkohol ($CH_3 . CH_2OH$), das Hauptprodukt der geistigen Gärung (s. o. S. 126). Unabhängig von der Gärung tritt er nur selten und in geringen Mengen auf (einige Umbelliferenfrüchte). Die Essigsäurebakterien oxydieren Alkohol zu Essigsäure.

Einwertige ungesättigte Alkohole gehören zu den Bestandteilen vieler ätherischer Öle, z. B. das im Rosenöl, im Lavendel-, Zitronen- und andern Ölen als Essigsäureester auftretende Geraniol, das im Bergamottöl u. a. enthaltene Linalool u. a.

Von den dreiwertigen Alkoholen hat das Glyzerin große Bedeutung ($CH_2OH . CHOH . CH_2OH$): Glyzerin entsteht bei der geistigen Gärung als Spaltungsprodukt des Zuckers. Unter gewöhnlichen Umständen beträgt die Masse des entstehenden Glyzerins etwa 2—3,5% des vergorenen Zuckers. Durch Zusatz von Natriumsulfit (3—15%) gelingt es, die Glyzerinausbeute bis auf 30% zu steigern (sog. Protolgärung der Kriegsindustrie). Für heterotrophe Organismen ist Glyzerin eine wertvolle C-Nahrung. Von den Fettsäureestern des Glyzerins, den Fetten, wird später die Rede sein.

Sechswertige Alkohole: d-Mannit ($CH_2OH\ C(HOH)_4\ CH_2OH$), ein verbreiteter Reservestoff der Pflanzen, tritt in Pilzen auf, ferner in der Mannaasche (*Fraxinus ornus*), der ihm isomere d-Sorbit in Vogelbeeren, Apfel und Birne u. a.

Aromatische Alkohole: Benzylalkohol ($C_6H_5 . CH_2OH$) und Zimtalkohol ($C_6H_5 . CH . CH . CH_2OH$) in ätherischen Ölen, Balsamen, Storax usw. (als Benzoesäureester und Zimtsäureester).

Weitere — aliphatische und aromatische — Alkohole werden bei Besprechung der Terpene erwähnt werden. Vanillin, ein in Pflanzen verschiedener Zugehörigkeit gefundener Aldehyd, das auf den trocknenden Früchten der Vanille (bis 2%) sich entwickelt, außerdem in Spargeltrieben, im Matte-Tee und vielen andern Objekten auftritt. In der Praxis wird oft künstlich hergestelltes Vanillin verwendet; es fördert die Entwicklung der Bakterien (Verderblichkeit vanillinhaltiger Nahrungsmittel). Vanillinzucker enthält 2% Vanillin.

5. Kohlehydrate.

Kohlehydrate sind stickstofffreie Körper, in welchen das Verhältnis von Wasserstoff zu Sauerstoff ebenso wie im Wasser gleich 2 : 1 ist.

Von allen organischen Verbindungen, die den Pflanzenkörper aufbauen, erscheinen sie in ihm am reichlichsten.

Die Bedeutung der Kohlehydrate im Stoffwechsel der Pflanzen ist groß und vielseitig: Kohlehydrate sind vor allem das Produkt ihrer photosynthetischen Tätigkeit, sie sind am Aufbau des festen Gerüstes der Pflanzen, ihrer Membranen, hervorragend beteiligt; für heterotroph lebende Organismen sind Kohlehydrate die beste C-Quelle. Als solche spielen sie von allen vegetabilischen Stoffen im Stoffwechsel der Menschen und Tiere die größte Rolle.

Kohlehydrate finden wir in gelöster oder unlöslicher Form im Lumen der Zelle; wir finden sie ferner in der Membransubstanz.

a) Zucker und Stärke.

Die Dreikohlenstoff- und Vierkohlenstoffzucker (Triosen und Tetrosen) spielen im Pflanzenkörper eine durchaus untergeordnete Rolle.

Pentosen sind im Pflanzenreich weit verbreitet; Pentosen sind aus Pflanzengummi (Kirschgummi und Gummi arabicum [Arabinose]) aus, dem Holz vieler Bäume (Xylose) und den Zellwänden überhaupt zu gewinnen. Rhamnose ist ein Fünfkohlenstoffzucker, der bei Spaltung mancher Glykoside entsteht; auf Pentosen und Pentosane wird später bei Behandlung der Zellwandstoffe zurückzukommen sein.

Ungleich größer ist die Bedeutung der Sechskohlenstoffzucker oder der Hexosen. Traubenzucker (d-Glukose) ist außerordentlich weit verbreitet; er erscheint bei Verzuckerung der Stärke, bei Spaltung der Glykoside, als wasserlösliches Speichermaterial in süßen Früchten, sowie in den Nektarien. Fruchtzucker (d-Fruktose) ist ebenfalls in Früchten und Nektarien reichlich anzutreffen. Die Mischung der beiden Zuckerformen (sog. Invertzucker) weisen auf vorangegangene Spaltung des Disaccharids Saccharose, das unter dem Einfluß invertierender Fermente oder nach Einwirkung von Säuren in d-Glukose und d-Fruktose zerfällt. Viele unserer zuckerreichsten Nahrungs- und Genußmittel sind sehr reich an Invertzucker.

Honig	70—80 %	Invertzucker
Rosinen	61—64 %	„
Datteln	47 %	„
Frische Pflaumen	15 %	„
Pflaumenmus („*Pulpa prunorum*“)	24,5 %	„
Frischer Heidelbeersaft	4—6 %	„
Getrocknete Heidelbeeren („*Fructus myrtilli*“)	21—31 %	„
Frische Gartenhimbeeren	4—4,7 %	„
Waldhimbeeren	2,8—3,5 %	„
Frische Brombeeren	5,3 %	„
Saure Kirschen	6,3—10,2 %	„
„ „ getrocknet	44—62 %	„
Süße Kirschen	10,7—13 %	„
„ „ getrocknet	42—58 %	„
Maulbeere, frisch	9 %	„

Von Disacchariden ist Rohrzucker oder Rübenzucker der wichtigste (Saccharose). Kleine Mengen sind fast überall, große Mengen nur bei wenigen Pflanzen anzutreffen, deren Zuckerreichtum vom Menschen aus gebeutet wird. Das Zuckerrohr (*Saccharum officinarum*) enthält im Parenchym des Stengels 12—20 %, die Zuckerrübe (*Beta vulgaris*) 10—19 %.

Weiterhin sind die Blutungssäfte vieler Bäume, die den Stämmen nach Anzapfung entströmen (siehe V. Kapitel), sehr zuckerreich, namentlich der des amerikanischen Zuckerahorns (*Acer saccharinum*), weniger der unserer einheimischen *Acer*-Arten (1—3 %). Saccharosereiche Gemüse sind die Mohrrüben. Der Honig, unser zuckerreichstes Nahrungsmittel, enthält außer Invertzucker noch ca. 5 % Saccharosezucker. Kunsthonig (80 % Zucker) wird aus Rübenzucker hergestellt. — Über den Zerfall der Saccharose in ein Monosaccharidgemisch s. o.

Das „*Saccharum*" der Apotheke ist Rohrzucker- (Rübenzucker-)pulver. Seine Lösung (60 Teile in 40 Teilen H_2O) liefert mit oder ohne Zusatz geeigneter Drogen (Himbeer, Pfefferminz, Eibisch usw.) verschiedene Formen des Sirup. Zucker mit ätherischem Öl (Umbelliferen, Pfefferminz usw.) liefert die „*Elaeosacchara*" oder Ölzucker.

Der Malzzucker (Maltose) entsteht — z. B. im Malz — bei Verzuckerung der Stärke. Das Ferment Maltase spaltet den aus der Stärke entstandenen Malzzucker zumeist sogleich in 2 Mol. Glukose.

Von allen Polysacchariden das wichtigste ist die Stärke $(C_6H_{10}O_5)_n$. Über ihre Verbreitung im assimilierenden und vor allem im speichernden Gewebe und über die Eigenschaften der Stärkekörner vgl. das oben S. 65 und 67 Gesagte. Die stärkereichsten Organe sind die Samen vieler Pflanzen, namentlich der Gymnospermen, Monokotyledonen und choripetalen Dikotyledonen, ferner viele unterirdische Speicherorgane (Knollen der Kartoffel, viele Rhizome usw.). Der Stärkereichtum des Holzes vieler Bäume (bis 20 bis 25% des Trockengewichts) hat zu der Anregung geführt, zu Zeiten der Lebensmittelknappheit auch jenes zu brotähnlichen Produkten zu verarbeiten.

Stärke wird durch Behandlung mit Jod, Jodkaliumlösung auch in mikroskopisch kleinen Mengen leicht erkennbar; sie färbt sich blau. Sie ist unlöslich in kaltem und heißem Wasser und verquillt in kochendem zum „Stärkekleister" (Schleimsuppen von Reis, Gerste, Hafer usw.). Aus Stärke und Zucker entstehen beim Rösten vieler Pflanzenorgane dextrinähnliche Verbindungen, zu welchen vielleicht auch die „Röststoffe" des gebrannten Kaffees gehören.

Stärke wird durch diastatische Fermente (s. u.) in wasserlösliche Kohlehydrate verwandelt. Zu den ersten Abbauprodukten der Stärke gehören die Amylodextrine und Dextrine. Als „rote Stärke" bezeichnet man die in einigen Pflanzen auftretenden Stärkekörner, die sich mit Jodjodkaliumlösung nicht blau, sondern rotbraun oder rotviolett färben; sie enthalten Amylodextrin oder bestehen aus solchem. Beispiele liefern das Mazis (Samenmantel der Muskatnuß), die Klebstärke der *Oryza sativa var. glutinosa* (Klebreis), die Klebhirse, der Samen von *Sinapis alba* usw.

Den Wert unserer vegetabilischen Nahrungsmittel machen in erster Linie die Kohlehydrate der Zucker-Stärkegruppe aus.

100 g Frischgewicht:

Reis enthalten	77 g	Kohlehydrate
Feines Weizenmehl	73 g	„
Feines Weizenbrot	56 g	„
Roggengraubrot	48 g	„
Linsen, Bohnen, Erbsen	44 g	„
Kakao	32—40 g	„
Kartoffeln	20 g	„

Frische Äpfel	11,3 g	Kohlehydrate
Mandeln, Walnüsse	10,6 g	„
Winterkohl	9,3 g	„
Haselnüsse	7,2 g	„
Möhren	6,8 g	„
Kohlrübe	5,5 g	„
Rosenkohl	5,0 g	„
Champignons	3,5 g	„
Spinat	3,2 g	„
Sauerkraut	3,1 g	„
Spargel	2,2 g	„
Kopfsalat	1,5 g	„

Glykogen, einer der wichtigsten Bestandteile der tierischen Leber, wird bei stärkefreien, heterotrophen Pflanzen angetroffen, den Bakterien und Pilzen, namentlich auch den Hefen. Braunfärbung mit Jod.

Inulin, ein in Kompositen u. a. reichlich auftretendes Kohlehydrat, das im Zellsaft gelöst vorliegt und durch Alkohol gefällt wird: das Inulin schlägt sich in ihm in Form großer Sphärokristalle oder als Aggregate von solchen nieder. Der Topinambur (*Helianthus tuberosus*), das inulinreichste Nahrungsmittel, enthält 58 %.

b) Membranstoffe.

Als Rohfaser bezeichnet man im Sprachgebrauch der technischen Chemie alle diejenigen Bestandteile des Pflanzenkörpers, die nach seiner Behandlung mit Säuren und Alkalien als unlöslicher Rest — je nach der angewandten Methodik in wechselnder Menge — zurückbleiben. Die Rohfaser enthält fast ausschließlich Stoffe, welche am Aufbau der Zellenwand teilnehmen, in erster Linie die Zellulosen und Pentosane und viele die Zellwand inkrustierende Stoffe, wie Lignin, Kutin, Suberin u. a. (s. o. S. 73).

Die wichtigsten Bestandteile der Zellwand sind Kohlehydrate; auch ihre zu anderen Gruppen organischer Verbindungen gehörigen Anteile sollen im nachfolgenden Abschnitt ihre Behandlung finden.

Die Zellulose, eine im Tierreich seltene (Tunikaten), im Pflanzenreich sehr weit verbreitete und wohl allen Pflanzen eigentümliche Verbindung, ist ein schwer hydrolysierbares Polysaccharid. Es gehört zu den wichtigsten Unterschieden zwischen Tieren und Pflanzen, daß bei diesen hauptsächlich Kohlehydrate Gerüstsubstanz abgeben.

In jugendlichen, seltener (z. B. bei der Baumwolle oder Watte, „*Gossypium*“) in ausgewachsenen Zellen ist Zellulose nahezu der einzige Bestandteil der Zellenwände.

Reine Zellulose erkennt man an der Blaufärbung nach Behandlung mit H_2SO_4 + Jod oder mit Chlorzinkjod; bei längerer Einwirkungsdauer der konz. H_2SO_4 löst sich Zellulose ohne Schwärzung auf und wird aus der Lösung durch Wasser als kolloide Zellulose gefällt (Amyloid, amyloide Substanz), die sich mit Jod blau färbt. Bei fortgesetzter Schwefelsäurebehandlung entsteht Dextrin, nach Zusatz von H_2O und nach Kochen entsteht Dextrose. Zellulose ist löslich im Schweizerschen Reagens (Lösung von frischgefälltem Kupferoxyd in Ammoniak). Dieselben Stoffe machen das Holz als Brennmaterial und als Rohstoff für die verschiedensten Industrien wertvoll, pflanzliche Fasern verschiedenster Art für die Textil-

industrie unentbehrlich und Holz und Fasern und Laub zur Papierfabrikation tauglich. Die mit Chloralhydrat vorbehandelte Membran der Hefen liefert eine Ebonit- oder Zelluloidähnliche Masse, die sich zu allerhand Gegenständen verarbeiten läßt.

Zellulose liefert bei hydrolytischer Spaltung durch Fermente Hexosen, vornehmlich Glukose. Die Lösung der Zellwände spielt im lebenden Pflanzenkörper keine große Rolle. Zelluloselösung großen Stils spielt sich da ab, wo Zellulose vergärende Mikroben in Schlamm oder Mist sich entwickeln (*Bacillus methanigenes* und *B. fossicularum*). Im Magen der Boviden sind zelluloselösende Bakterien am Werk, deren Tätigkeit für die Verdauung der Wiederkäuernahrung von großer Bedeutung ist und völliges Schwinden der Zellulose bewirken kann. Enzymatische Lösung der Zellulose bewirken die Schnecken (*Helix pomatia*) und der Flußkrebs durch ihr Lebersekret. Im Menschen spielt die bakterielle Spaltung der mit vegetabilischen Nahrungsmitteln stets eingenommenen Zellwände nur eine untergeordnete Rolle; im allgemeinen sind sie ein unlöslicher, den Darm füllender Ballast. Der Inhalt von Zellen, deren Wände intakt bleiben, geht daher unausgenutzt (Aleuronzellen des Getreidekorns in kleiehaltigem Brot, vgl. Fig. 106b) oder um so unvollkommener ausgelaugt mit den Faeces wieder ab, je dicker die Wände sind.

Hemizellulosen sind verhältnismäßig leicht hydrolysierbar. In der Pflanzenzelle spielen sie die Rolle von Reservematerial, oder sie teilen mit den echten Zellulosen die der Gerüstsubstanz. Die Reservezellulosen, die in vielen Samen (vgl. oben Fig. 93) weit verbreitet sind und bei der Keimung durch die von der Pflanze gelieferten Zytasen hydrolysiert werden, liefern bei der Verzuckerung hauptsächlich Mannose und Galaktose und werden daher als Mannane und Galaktane angesprochen. Die als Gerüstsubstanzen dienenden Hemizellulosen sind Galaktane und Pentosane. Über die Bedeutung der letzteren und die von ihnen gelieferten Pentosen s. u. Xylane heißen die in den Zellen des Holzes verbreiteten, Arabane die im arabischen Gummi, in Getreidekörnern und anderwärts gefundenen Hemizellulosen. Lichenin tritt in Flechten auf und macht sie zu Viehfutter (Renntierflechte) und Menschennahrung geeignet (entbitterte *Cetraria islandica* als Brotzusatz u. ähnl.).

Weiße Bohnen enthalten annähernd . . .	6,0 %	Rohfaser
Kakaopulver	5,3 %	„
Haselnüsse	3,1 %	„
Mandeln	2,8 %	„
Kommisbrot	2,5 %	„
Haselnüsse	2,4 %	„
Grobes Weizenmehl	2,0 %	„
Bohnenmehl	1,7 %	„
Möhren	1,6 %	„
Maronen	1,6 %	„
Gemüse	1—1,5 %	„
Topinambur	1,2 %	„
Kartoffel	1,0 %	„
Champignon	0,8 %	„
Feines Weizenbrot	0,5 %	„

Alle Samen enthalten in ihren äußeren Zellenlagen mehr Rohfaser als in ihren inneren Teilen. Brot, das reichlich Kleie enthält, ist daher rohfaserreicher als das aus reinem Mehl hergestellte.

Pentosane und die von ihnen stammenden Pentosen sind in den Pflanzen sehr reichlich vorhanden — teils im Zellsaft, teils in der Membran. Der weitaus größere Teil der Pentosane findet sich in den Membranen und geht bei Behandlung mit KOH unvollkommen (bei Kleie, Birkenholz u. a. bis zu 62 %) in Lösung. Hundert Teile Salat (Trockensubstanz) enthalten 8,75 % Pentosen, davon 7,46 % in den Membranen, 0,29 % im Zellsaft, 1 % anderweitig in nicht auspreßbarer Form. Kartoffeln enthalten nur wenig Pentosen in den Zellmembranen und verhältnismäßig viel im Zellsaft; von 100 Teilen Gesamtpentosen liegen 20 % in den Membranen, 5 % in dem Zellsaft.

Die folgende Tabelle (nach Rubner) zeigt, wieviel Zellmembranstoff Gemüse und andere vegetabilische Produkte enthalten, und daß im allgemeinen in jenem ungefähr doppelt so viel Zellulose wie Pentosane vorhanden sind.

100 g Trockensubstanz enthalten	Zellmembran	Prozentuale Zusammensetzung der Zellmembran		
		Zellulose	Pentosane	Rest
Grünkohl	25,9	40,22	26,71	33,07
Spinat	26,6	40,23	24,42	35,35
Wirsing	28,5	41,76	23,48	34,76
Brunnenkresse	13,5	41,95	15,49	42,56
Blumenkohl	28,5	43,79	22,11	34,10
Salat	29,7	47,69	20,65	31,66
Kartoffel	5,59	40,72	5,55	53,73
Gelbe Rüben	26,4	42,72	22,31	35,27
Meerrettig	26,4	44,74	24,57	30,69
Schwarzwurzel	12,5	47,03	24,15	28,82

Bei der Passage durch den Darmkanal geben die Zellmembranen der genossenen Vegetabilien einen beträchtlichen Teil ihrer Pentosane ab (Spinat etwa 68 %); ein Teil der abgegebenen Pentosane bzw. der aus ihnen sich herleitenden Pentosen wird resorbiert.

Die Zellmembranen zarter Gemüse werden günstigenfalls bis zu 90 %, die des „K-Brotes“ nur bis zu 40 % (Zellulose + Pentosane) resorbiert.

Lignin (Hadromal, Holzstoff) ist von den inkrustrierenden Stoffen der am reichlichsten auftretende. „Verholzte“ Wände bestehen vor allem aus Zellulose und Lignin; über ihre mikrochemischen Reaktionen s. o. p. 75. Verholzt sind vor allem die Zellwände des Holzgewebes, außerdem aber noch manche anderen Zellen- und Gewebeformen.

Verholzte Zellenwände stellen der Verdauung durch Boviden Schwierigkeiten in den Weg. Es gelingt aber, verholztes Gewebematerial (Stroh, Holz) durch Vorbehandlung mit Ätzalkalien derart aufzuschließen und ihm die Holzstoffe soweit zu entziehen, daß ein höchst wertvolles Futter aus ihm wird. Im menschlichen Darm erfahren verholzte Zellwände nur leichte Korrosionen.

Über Suberin und Kutin s. o. S. 73. Ihre Einlagerung in die Zellwände macht diese für die im tierischen Darm wirksamen Agentien durchaus unangreifbar.

Die gelatinierende Kraft vieler Fruchtdekokte (*Ribes*, Paradiesapfel u. a.) ist auf ihren Reichtum an Pektinverbindungen zurückzuführen. Unreife Früchte liefern im allgemeinen besser gelatinierendes Material als reife.

Pektosen sind Kohlehydrate, die besonders am Aufbau jugendlicher Zellhäute beteiligt sind. Sie unterscheiden sich von der Zellulose durch ihre Unlöslichkeit im Schweizerschen Reagens; Chlorzinkjod färbt sie nicht. Mit Rutheniumrot (Ammoniumrutheniumchlorür) färben sie sich rot. Durch Säuren und Alkalien werden sie leicht hydrolysiert; sie liefern Pektine, d. h. lösliche Kohlehydrate, die im Zellsaft vieler Pflanzen auftreten und durch Mittel verschiedener Art als gelatinierende Masse gefällt werden können, ferner Pentosen (Arabinose). Sie stehen hierin den Pentosanen nahe.

Dieselbe Verwandtschaft mit den Pentosen lassen die Gummi-Arten erkennen; sie entstehen durch Umwandlung der Zellwandsubstanz in ein als Gummose bezeichnetes Kohlehydrat, einen pathologischen Vorgang, von dem im V. Kapitel noch zu sprechen sein wird. Gummi ist restlos in Wasser löslich; ähnliche Produkte, die sich nur unvollkommen lösen, aber bei Wasserzufuhr stark quellen, sind die Schleime (s. o. S. 73).

Chitin, dieselbe stickstoffhaltige Substanz, die das Hautskelett der Arthropoden bilden hilft, wird auch in den Zellwänden heterotropher Pflanzen gefunden. Die Membranen der Pilze und Bakterien enthalten Chitin in wechselnden Mengen („Pilzzellulose"). Chitin ist unlöslich in Wasser, löslich in konzentrierten Säuren (HCl, H_2SO_4).

Mit Kalilauge auf 180° erhitzt verwandelt sich Chitin in Chitosan ($C_{14}H_{26}N_2O_{10}$) und Essigsäure; Chitosan ist mikrochemisch leicht nachweisbar (Violettfärbung durch Jodjodkaliumlösung, die eine Spur freie Säure enthält).

6. Fette.

Als Fette oder fette Öle werden die Glyzerinester (Glyzeride) der höheren Fettsäuren oder die aus mehreren Glyzeriden bestehenden Gemische bezeichnet. Sie sind zumeist neutral.

Fette sind im Tier- und Pflanzenreich gleich weit verbreitet und für den Lebenshaushalt der Angehörigen beider Reiche von gleicher Bedeutung. In bestimmten Organen und Geweben der Tiere und Pflanzen werden sie oft in sehr reichlichen Mengen angetroffen.

Animalisches wie vegetabilisches Fett besteht vorzugsweise aus den Glyzerinestern der Palmitinsäure ($C_{15}H_{31}COOH$), der Stearinsäure ($C_{17}H_{35}COOH$) und der Oleïn- oder Ölsäure ($C_{17}H_{33}COOH$); hierneben werden in manchen Pflanzenfetten noch die Glyzerinester der Leinölsäure, der Rizinusölsäure, der Laurin- und zahlreicher anderer Säuren angetroffen. Konsistenz und Schmelzpunkt der Fette werden durch das Mengenverhältnis der Glyzeridmischung bestimmt: je reichlicher die Glyzeride der ersten beiden Säuren, das Tripalmitin und Tristearin, vorhanden sind, desto höher liegt der Schmelzpunkt; das Glyzerid der Oleïnsäure, das Trioleïn, erstarrt erst bei ungefähr — 6° C.

Die Pflanzenfette, in welchen neben den Glyzerinestern auch größere oder geringere Mengen freier Fettsäuren enthalten zu sein pflegen, sind gewöhnlich reich an Trioleïn (im Olivenöl etwa 70 %) und bei Zimmertemperatur daher flüssig („Öle"), während die tristearin- und tripalmitinreichen animalischen Fette bei gleicher Temperatur fest zu bleiben pflegen (Fette des täglichen Sprachgebrauchs, „Talg"). Gutes Provenceröl (Olivenöl)

erstarrt bei ungefähr + 4°, geringere Qualitäten bei etwas höheren Temperaturen, Baumwollöl bei etwa — 1°, Erdnußöl bei — 3°, Sesamöl, Bucheckernöl, Mohnöl und Walnußöl bei noch höheren Graden. Die Fette mancher tropischer Pflanzen haben einen hohen Schmelzpunkt, da sie verhältnismäßig viel Tristearin und Tripalmitin enthalten (Kakaobutter, Schmelzpunkt 30—34°).

Die tierischen Fette enthalten kleine Mengen des Alkohols Cholesterin ($C_{27}H_{45}OH$), die pflanzlichen Fette das ihm sehr ähnliche Phytosterin.

Fette sind löslich in Äther, Schwefelkohlenstoff, Chloroform und Benzol. 100 g Alkohol lösen etwa 3,6 g Olivenöl. Ricinusöl geht in Alkohol vollkommen in Lösung.

In Wasser geschüttelt bilden die flüssigen Fette vorübergehend eine Emulsion. Bei Gegenwart geringer Mengen von Alkali wird die Emulsion besonders fein und dauerhaft. Tierische Fette emulgieren noch feiner als pflanzliche. Unter der Einwirkung der kaustischen Alkalien „verseifen" die Fette, d. h. sie verwandeln sich in Salze ihrer Fettsäuren und lassen Glyzerin frei werden. Bei der Verseifung entstehen, wie die Untersuchung mikroskopischer Proben zeigt, die von den Präparaten der Nervenzellen des Menschen her bekannten „Myelinformen", seltsam gewundene, unter dem Mikroskop langsam heranwachsende Gebilde, die mit den flüssigen Kristallen manche Eigenschaften gemeinsam haben.

Mikroskopisch werden Tier- und Pflanzenfette leicht erkannt an der Schwarzfärbung durch Osmiumtetroxyd (sog. Osmiumsäure OsO_4, Reduktion zu metallischem Os) oder der Rotfärbung durch Sudan III (1‰ in einem Gemisch gleicher Teile 96 % Alkohol und Glyzerin) oder Alkanna (alkoh. Lösung der roten Farbstoffe der Wurzel von *Alkanna tinctoria*). — Sesamöl ist als Zusatz zu Kunstbutterfabrikaten vorgeschrieben, da es an charakteristischen, mit Entstehung gefärbter Körper verbundenen Reaktionen (z. B. Rotfärbung mit HCl und Furfurol) leicht erkannt werden kann. —

Wichtige Unterschiede der Fette zeigt ihr Verhalten gegenüber Sauerstoff; so wie die Fette der Seetiere (Fisch-, Leberöle und Trane) durch die Befähigung zu reichlicher Sauerstoffaufnahme sich von den der Landtiere unterscheiden, finden sich auch unter den vegetabilischen Ölen solche, die unter reichlicher O-Aufnahme dick werden und trocknen („trocknende" Öle, wie Leinöl usw.) und solche, welche flüssig bleiben („nicht trocknende", z. B. Olivenöl). Zwischen diesen und jenen vermitteln die „halbtrocknenden" Öle. Öle, welche nicht trocknen, werden bei Sauerstoffeinwirkung und Belichtung „ranzig"; auch Mikroben sind an diesem Prozeß wohl nicht immer unbeteiligt. Es entstehen bei ihm freie Säuren verschiedener Art.

In den lebenden Zellen werden die Fette durch die im Pflanzenreich weit verbreiteten Lipasen, wasserunlösliche Fermente, die in Gegenwart von Säuren (Milchsäure) wirksam werden, in Glyzerin und Fettsäuren gespalten. —

Fette sind bei Angehörigen aller Gruppen des Pflanzenreichs anzutreffen. In niederen Organismen, wie den Bakterien (Tuberkel- und Rotzbakterien 28 % bzw. 40 %), den Kieselalgen, Hefen (s. u.), *Actinomyces* und anderen Pilzen und in den verschiedensten Geweben der höheren Pflanzen — in Rinde und Holz vieler Bäume, in vielen Pollenkörnern (bei der Kiefer bis 10 %) und vor allem in vielen Speichergeweben wie den Wurzelstöcken des Wurmfarns (*Aspidium filix mas*) und namentlich der

Samen („Ölsaat") und Früchte vieler Pflanzenfamilien sind sehr große Mengen Fett enthalten. Technisch verwertbar ist fast nur das Fett der Samen und Früchte.

Paranuß (Samen)	71 %	
Ölpalme (Fruchtfleisch)	65—72 %	(Palmöl)
Walnußbaum (Samen)	56—60 %	
Haselnuß (Samen)	50—62 %	
Ölbaum (Fruchtfleisch)	40—60 %	(Olivenöl, „*Oleum olivarum*")
Ölpalme (Samen)	45—50 %	(Palmkernöl)
Sesam (Samen)	47—57 %	
Mandeln	48—50 %	(Mandelöl, „*Oleum amygdalarum*")
Erdnuß	45—50 %	
Mohn	47—51 %	(„*Oleum papaveris*")
Kakao	44—47 %	(Kakaobutter, „*Oleum cacao*")
Buche (Früchte, „Bucheckern")	42 %	
Raps (Samen)	42 %	
Lein	35—42 %	(Leinöl, „*Oleum lini*")
Muskatnuß (Arillus)	38—40 %	(Muskatbutter)
Weißer Senf	25—35 %	
Mais (Embryonen)	33—36 %	
Hanf (Früchte)	32 %	
Rübsen (Samen)	33 %	
Pflaumen (Samen)	25—30 %	
Baumwolle (Samen)	24—26 %	(Kottonöl)
Kürbis (Samen)	20—30 %	
Sonnenblume (Früchte)	22—37 %	
Fichte (Samen)	18—22 %	
Ölbaum (Samen)	12—15 %	(Olivenöl, wie oben)
Sojabohne (Samen)	17 %	(Bohnenöl)
Apfel, Birnen, Kirschen (Samen)	15—20 %	
Roggen (Embryonen)	10—12 %	

Unsere Wurzel- und Blattgemüse, sowie unsere saftigen Obstformen sind sehr arm an Fett (0,1—0,4 %); auch reife Hülsenfrüchte (außer Soja) enthalten nur 0,6 % Fett.

Die Gewinnung der Öle erfolgt durch Pressung oder auf dem Wege der Extraktion mit geeigneten Lösungsmitteln. Durch Pressung läßt sich naturgemäß immer nur ein Teil der in den Objekten enthaltenen Fettmassen gewinnen; das beste Produkt liefert die erste, kalt vorgenommene Pressung, die späteren bei höheren Temperaturen durchgeführten geben geringere Qualitäten. Der noch mehr oder weniger ölreiche Rückstand heißt Preßkuchen

Die Ausnützung der Getreidekörner auf Fette gilt in erster Linie den Keimlingen oder Embryonen; der Fettgewinnung hat die Entkeimung vorauszugehen, die bei den mit großem Keim ausgestatteten Mais längst üblich war, bei anderen Brotfrüchten erst während der Kriegsjahre erprobt worden ist. Kriegsfettquellen waren ferner die Samen unserer Obstarten und der Fichte. Auch auf die „Fetthefe" (*Endomyces vernalis*), die auf

kohlehydratreicher Nährlösung sehr fettreich wird, ist im Kriege hingewiesen worden.

Fettersatzmittel, wie Carrageen (*Chondrus crispus*) und andere Meeresalgen verdienen jenen Namen nicht, da sie nur eine schlüpfrige Gallertmasse, niemals aber eine an Brennwert den Fetten vergleichbare Substanz zu liefern vermögen. —

Die pflanzlichen Fette dienen als Nährmittel des Menschen, zur Seifenbereitung (neben Schweineschmalz namentlich Kokosfett, Lein-, Hanf-, Olivenöl), zur Herstellung von Firnissen (Leinöl) und Linoleum (Leinöl nach Oxydation + Korkpulver). Wichtige Drogen sind namentlich das „*Oleum ricini*", „*Oleum crotonis*", „*Oleum amygdalarum*" und „*Oleum olivarum*". Das Erdnußöl wird nebst tierischem Fett bei Herstellung des Bleipflasters („*Emplastrum lithargyri*") verwendet.

7. Wachse.

Die Wachse stehen chemisch den Fetten nahe. Auch sie enthalten höhere Fettsäuren, aber nicht als Glyzeride, sondern als Ester hochmolekularer einwertiger Alkohole und in unveresterter Form.

Animalisches Wachs (Bienenwachs) und vegetabilisches Wachs enthalten zum Teil dieselben Verbindungen (Zerotinsäure).

Sehr reichlich erscheint Wachs auf Blättern der brasilianischen Palme *Copernicia cerifera* (15—19 μ dicke Belage), noch reichlicher am Stamm von *Ceroxylon andicola* („Palmenwachs") und *Klopstockia* (Krusten bis 5 mm Dicke). Das der *Copernicia* kommt als Carnaubawachs in den Handel.

Zarte Anflüge von Wachs geben den Pflaumen, Weinbeeren und vielen anderen Früchten ihren reifartigen Hauch und vielen sukkulenten Blättern einen blaugrünen Farbenton.

Niemals kommt den Wachsen die Rolle eines Speicherstoffes zu, vielmehr handelt es sich bei ihnen stets um Endprodukte des Stoffwechsels.

8. Glykoside.

Glykoside sind organische, N-freie oder N-haltige Verbindungen, welche bei Einwirkung verdünnter Alkalien oder Säuren oder geeigneter Fermente Zucker (Glukose oder einen anderen Zucker oder mehrere Zuckerarten) und eine oder mehrere andere organische Verbindungen entstehen lassen.

Glykoside sind im Pflanzenreich weit verbreitet und in manchen Pflanzenorganen reichlich vorhanden; sie entstehen vermutlich in den Blättern und dienen den Pflanzen als Reservestoffe. Geringe Mengen von Glykosiden finden sich im Muskelgewebe des Menschen.

In vielen Gift- und Heilpflanzen sind die wirksamen Stoffe als Glykoside enthalten: *Digitalis*, *Strophantus*, *Erythraea*, *Helleborus*, *Convallaria*, *Evonymus*, *Coronilla*, *Cnicus benedictus* u. v. a. enthalten stickstofffreie Glykoside.

Amygdalin, das Glykosid der bitteren Mandeln, das auch in den Samen der ihnen nahe verwandten Steinobstarten (Pfirsich, Aprikose, Pflaume, Kirsche) enthalten ist, enthält N und wird durch das Ferment Emulsin folgendermaßen gespalten:

$$C_{20}H_{27}NO_{11} + 2H_2O = \underset{\text{Glukose}}{2C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Benzaldehyd}}{C_6H_5CHO} + \underset{\text{Blausäure}}{HCN}$$

Sinigrin, das K- und S-haltige Glykosid des schwarzen Senfs (*Brassica nigra*), wird durch das Ferment Myrosin gespalten:

$$C_{10}H_{16}NS_2KO_2 + H_2O = \underset{\text{Allylsenföl}}{C_3H_5\,NCS} + \underset{\text{Glukose}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Kaliumbisulfat}}{KHSO_4}$$

Ihm ähnlich verhält sich das Glykosid des weißen Senfs (Sinalbin in *Sinapis alba*).

Phaseolunatin in den Samen der Mondbohne (*Phaseolus lunatus*); Material der Provence enthält 0,04 %, solches aus Java bis 1 % des giftigen Glykosids.

Sehr wichtige farbige Glykoside sind die Verbindungen, in welchen die gelben oder roten Anthrachinone ($C_{14}H_8O_2$) in vielen Pflanzen auftreten. Das verbreitetste ist das Trioxymethylanthrachinon (Emodin), der wichtigste wirksame Stoff zahlreicher Aperitiva und Purgantia, des Rhabarbers („*Rhizoma rhei*"). der Sennablätter, der „*Cascara sagrada*", der „*Aloe*" u. a. Im Darm geht die Spaltung der Glykoside vor sich, nach welcher die Peristaltik anregende Wirkung der Anthrachinone einsetzt. Ferner gehört hierher die Chrysophansäure (Rhabarber, Sennablätter usw.).

Anthozyane sind die roten oder blauen Farbstoffe der höheren Pflanzen, die stets gelöst im Zellsaft auftreten. Sie sind stickstofffrei und reich an Sauerstoff. Nach dem Verhalten gegenüber Alkalien unterscheidet man die Gruppe der Weinrot- und der Rübenrotanthozyane: erstere schlagen bei Alkalizusatz von rot in blau um, letztere bleiben unverändert.

Die Verbindungen, von welchen sie sich chemisch ableiten, sind als Pelargonidin, Zyanidin und Delphinidin unterschieden worden; die Anthozyane selbst sind verschiedenartige Glykoside jener Grundstoffe und unterscheiden sich voneinander durch mehr oder minder weitgehende Methylierung. Verbindung mit Gerbsäure (s. u.) und Metall (Fe-)salzen scheinen die Farben zu vertiefen (Wilstätter).

Der blaue Farbstoff Indigo kommt nicht als solcher in den Indigopflanzen (*Indigofera*-Arten, *Isatis tinctoria* u. a.) vor, sondern entsteht durch fermentative Spaltung des Indoxylglykosids Indikan oder ähnlicher Indoxylverbindungen: diese liefern Zucker und Indoxyl und letzterer wird durch den atmosphärischen Sauerstoff zu Indigoblau oxydiert.

Farbige fluoreszierende Glykoside in den Rinden verschiedener Bäume (Roßkastanie, Esche) sowie im „*Lignum nephriticum*". —

Den Glykosiden chemisch nahe steht die Glyzyrrhizinsäure ($C_{44}H_{63}NO_{18}$) der Süßholzwurzel („*Radix Liquiritiae*"); sie liefert bei hydrolytischer Spaltung statt Zucker Parazuckersäure.

Eine nur in Pflanzen (abgesehen von einem in Schlangengift gefundenen Stoff) auftretende Gruppe N-freier Glykoside sind die durch ihre schäumenden wässerigen Lösungen , ihre Giftigkeit und hämolysierende Wirkung ausgezeichneten **Saponine.** Besonders reich an ihnen (9 %) ist die Seifenrinde („*Cortex quillajae*"); sie enthält Quillajasäure und Quillajasapotoxin, die sie zum Waschmittel (für gefärbte Stoffe u. a.) geeignet machen, und deren schleimhautreizender Wirkung wegen das Quillajamaterial als Zahnpulverzusatz, bei Herstellung von Zahntinkturen usw. verwendet wird. Zwei für Menschen und Haustiere gefährliche Gifte enthält der Samen der Kornrade (*Agrostemma githago*) in der Agrostemmasäure und dem Agrostemmasapotoxin. Die Samen der Roßkastanie enthalten das giftige Aesculussaponin, die Königskerzen das Verbascumsaponin, der Fingerhut das Digitonin usw. Geringe Mengen von Saponin sind unschädlich (Verwen-

dung zu Schaumgetränken); viele beliebte Nahrungsmittel enthalten kleine Mengen von Saponinen (KOBERT's „Nahrungsmittelsaponine" in Spinat, Reismelde, *Beta vulgaris* u. a.).

Verwendung der Saponine als Wurm-, Abführ- und Brechmittel und beim Fischfang.

9. Gerbstoffe.

Als Gerbstoffe wurden ursprünglich die zum Gerben tauglichen, später alle diejenigen vegetabilischen Stoffe bezeichnet, welche mit Eisenchlorid eine blaue oder grüne Färbung geben, durch Leim gefällt werden und einen zusammenziehenden Geschmack haben. Die Gruppe der Gerbstoffe umfaßt hiernach zahlreiche, in ihrem chemischen Charakter wenig miteinander übereinstimmende Stoffe, die bei niederen und höheren Pflanzen allgemein verbreitet sind. Sie sind mehr oder minder leicht oxydierbar und geben bei Oxydation dunkle, braune Stoffe, die Phlobaphene. Die Gerbstoffe des Kaffees oxydieren sich langsamer als die des Tees (herber Geschmack abgestandenen Teegetränkes). Die Gerbstoffe finden sich stets in den Vakuolen. Viele von ihnen haben den Charakter von Phenolsäuren bzw. deren Derivaten.

Gerbstoffe finden sich in vielen Rinden (Eiche 10—20 %); die Phlobaphene geben ihnen oft charakteristische rote oder braune Färbung. Gerbstoffreiche Blätter sind die des Tees (15—25 %), der Preißelbeere (3—8 %) und des als Gerbpflanze wertvollen Sumachs (*Rhus coriaria*, 13—15 %). Gerbstoffreiche Früchte sind die der Preißel- und Heidelbeere („*Fructus myrtilli*"). Als „Diwidiwi" kommen die zum Gerben tauglichen Früchte der *Caesalpinia coriaria* (30—45 %), als Vallonen die der *Quercus aegilops* (36 %) zu gleichem Zweck in den Handel. Die Kaffeegerbsäure kommt in den Samen des Kaffees vor.

Durch größten Reichtum an Gerbstoffen sind manche Gallen (vgl. V. Kapitel) ausgezeichnet: die „*Gallae haleppenses*" der *Quercus infectoria* (hervorgerufen durch *Cynips gallae tinctoriae*) enthalten 58 %, die auf *Rhus semialata* nach Infektion durch eine Blattlaus (*Schlechtendalia*) entstehenden chinesischen Galläpfel sogar bis 77 %.

Zu den am weitesten verbreiteten Gerbstoffen gehören die Gallussäure, die Gallusgerbsäure oder Tannin und die Ellagsäure.

10. Terpene, Kampfer, Harze, Balsame.

Terpene, Kohlenwasserstoffe, die vorzugsweise nach der Formel $C_{10}H_{16}$ gebaut sind, haben im allgemeinen hohen Schmelzpunkt, sind aber mit Wasserdampf flüchtig und durch Destillation daher leicht zu gewinnen. Sie sind löslich in Alkohol; bei längerem Stehen oft Verharzung (nach Oxydation). Die meisten natürlichen Terpene sind Monoterpene. Geringere Verbreitung haben die Diterpene ($C_{20}H_{32}$), Triterpene ($C_{30}H_{48}$), Sesquiterpene ($C_{15}H_{24}$) und Polyterpene ($[C_{10}H_{16}]_n$).

Gemische von Terpenen sind die bei den verschiedensten Pflanzenfamilien sehr reichlich auftretenden ätherischen Öle oder Harze, die in Drüsenhaaren, in Sekretgängen, Sekretlücken und Sekretzellen (s. o. S. 88, 96, Fig. 101, 107) gebildet und magaziniert werden. Besonders reich an Terpenen sind die Angehörigen bestimmter Familien (Koniferen, Labiaten, Rutazeen, Umbelliferen, Myrtazeen usw.); die Analyse der von ihnen produzierten Terpengemische ergibt, daß dieselben Bestandteile (Pinen, Dipenten, Li-

monen usw. und die den Terpenen beigemischten Alkohole) in den Sekreten der verschiedensten Familien sich wiederfinden.

Terpenreiche Pflanzen machen sich durch ihren aromatischen Geruch oft ohne weiteres bemerkbar. Vielseitige Verwendung der ätherischen Öle als Geschmacks- und Geruchskorrigentia, als Diuretika und Expectorantia, als antiseptisch und antifermentativ wirkende Mittel; Verarbeitung für Kosmetik und Parfümerie, Verwendung als Gewürze; Schnapsfabrikation u. a.

Das Pfefferminzöl („*Oleum menthae piperitae*") enthält außer Terpenen mehrere Alkohole (Linalool, Geraniol), liefert der Apotheke Sirup, Pfefferminzplätzchen („*Rotulae menthae piperitae*") u. a. Bei — 4° scheidet sich der Minzenkampfer, das Menthol, ab: lokalanästhetische Wirkung, Steigerung der Erregbarkeit der das Temperaturgefühl vermittelnden Nervenendigungen (Migränestift!).

Rosmarinöl („*Ol. Rosmarini*"), ein Gemisch aus mehreren Terpenen (Pinen u. a.). Weitere Labiatenöle: Lavendelöl („*Ol. Lavandulae*") und Thymianöl („*Ol. thymi*"). Letzteres enthält wie andere Labiaten (*Origanum floribundum var. cinereum* u. a.) und manche Umbelliferen reichlich Thymol, ein Phenol.

Alkoholische Labiatenaufgüsse als hautreizende Mittel, Riechmittel usw. im Gebrauch; die „*Species aromaticae*" bestehen vorzugsweise aus duftenden Labiatenblättern.

Rosenöl („*Ol. Rosae*") enthält reichlich Geraniol.

Nelkenöl („*Ol. caryophyllorum*", von *Eugenia caryophyllata*): reich an Eugenol; wichtiges Aufhellungsmittel der mikroskopischen Technik. — Ein weiteres Myrtazeenöl liefert *Melaleuca leucadendron* („*Ol. cajeputi*").

Die Umbelliferen liefern Anis-, Kümmel-, Fenchelöl u. a. Das Anisöl („*Ol. anisi*") ist reich an Anethol, einem Phenol, das auch in anderen Umbelliferen, wie Dill und Fenchel, ferner in Esdragon (*Artemisia dracunculus*) und Sternanis (*Illicium anisatum*) gefunden wird. Das Kümmelöl („*Ol. carvi*") bekommt seinen charakteristischen Geruch durch das Terpen Karvon, das auch bei anderen Umbelliferen auftritt. Das Fenchelöl („*Ol. foeniculi*") enthält Pinendipenten, das bittere Fenchon (Keton) u. a.

Alkoholische Lösungen kommen als Kümmelgeist („*Spiritus carvi*"), Karmelitergeist (*Melissa* u. a.) usw. in den Handel.

Von den Rutazeen liefert die Gattung *Citrus* das Bergamottöl („*Ol. bergamottae*" aus den Fruchtschalen von *C. bergamia*) und das Orangenblütenöl („*Ol. aurantii florum*" von *C. bigaradia*), das Orangenblütenwasser (reich an Linalool) und das Zitronenöl („*Ol. citri*" von den Fruchtschalen der *C. limonum*).

Die Laurazeen liefern das Zimtöl („*Ol. cinnamomi*") aus der Rinde des *Cinnamomum zeylanicum;* 70 % des Öls sind Zimtaldehyd, der starke antiseptische Wirkung hat. Auch der Lorbeer („*Folia lauri*") ist reich an ätherischem Öl.

Das Muskatöl („*Ol. macidis*") aus dem Arillus der Muskatnuß (*Myristica fragrans*) enthält Terpene und Myristizin; das „*Ol. nucistae*" (Muskatbutter) ist ein aus dem Samen gepreßtes Gemenge von Fetten, ätherischen Ölen und Farbstoffen.

Die Monokotyledonen liefern mit dem Kalmusrhizom das „*Ol. calami*" und einige weitere Öle mit den Rhizomen der Zingiberazeen (Ingwer u. a.).

Das Terpentinöl („*Ol. terebinthinae*") stammt aus dem Harz der Koniferen, aus dem es durch Destillation gewonnen wird; es stellt fast reines Pinen dar.

Das Wachholderöl („*Ol. juniperi*“) wird aus den Früchten von *Juniperus communis* gewonnen.

Terpentine liefern Verbandsalben, Extrakte für Fichtennadelbäder, Abortiva der Volksmedizin (*Juniperus sabina* u. a.); selbst die in der Atmosphäre enthaltenen Dämpfe machen den Aufenthalt in Nadelwäldern bereits therapeutisch wertvoll. —

Kampfer, d. h. sauerstoffhaltige, bei gewöhnlicher Temperatur feste, den Terpenen ähnliche Verbindungen gleichen diesen durch den würzigen Geruch. Kampfer s. str. (Japankampfer, $C_{10}H_{16}O$) wird durch Destillation mit Wasser aus *Cinnamomum camphora* gewonnen; geringe Mengen auch in anderen Laurazeen (*Sassafras*) oder Labiaten (*Rosmarinus*); ist künstlich aus Terpentinöl herstellbar. Kampfer besteht aus kristallinischen, bröckeligen Massen, in H_2O wenig, in Alkohol leicht löslich. Liefert der Apotheke den Kampfergeist („*Spiritus camphoratus*“), das gelatinöse Opodeldok („*Linimentum saponato-camphoratum*“ = Kampfer mit Ammoniak, Seife, Alkohol, *Ol. thymi* u. ähnl.) und ölige Lösungen („*Ol. camphoratum*“). Mittel gegen rheumatische Beschwerden, herzerregende und antiparasitäre Wirkung (Mottenbekämpfung usw.).

Borneol ($C_{10}H_{17}OH$) oder Borneokampfer tritt im Mark von *Dryobalanops camphora* auf. Geringe Mengen von Borneol oder seiner Derivate in Koniferen, Labiaten u. a. —

Harze und Balsame sind Lösungen von Harzsäuren und anderen organischen Stoffen in Terpenen. Sind sie bei gewöhnlicher Temperatur fest, so liegen Harze (Hartharze) vor; bleiben sie dickflüssig, so spricht man von Balsamen.

Harze liefern vor allem die Koniferen, die aus den Wunden ihrer Stämme große Mengen abträufeln lassen (Fichtenharz, Kolophonium von rezenten, Bernstein von fossilen *Picea*-Arten, Sandarakharz von *Callitris*), sowie einige Laubbäume (Dammarharz von Dipterokarpazeen, Mastixharz von *Pistacia lentiscus*, Benzoë von *Styrax*-Arten, Guajakharz von *Guajacum*, Weihrauch oder „*Olibanum*“ von *Boswellia*).

„Gummiharze“ liefern einige Umbelliferen („*Ammoniacum*“ aus *Dorema ammoniacum*, „*Galbanum*“ aus *Ferula galbaniflua*, „*Asa foetida*“, die Stinkasant, aus *F. narthex* und *F. scorodosma*). Auch die „*Myrrha*“ gehört hierher (*Commiphora*).

Besonders wichtige Balsame sind die von *Myroxylon*-Arten gelieferten „*Balsamum peruvianum*“ (Perubalsam, Antiscaliosum, Verbandmittel) und „*B. tolutanum*“ (Tolubalsam). „*Storax*“ (Styrax) stammt von *Liquidambar orientalis* (Ersatz für Perubalsam), „*B. copaivae*“ von *Copaifera* (Antiblennorrhoicum.)

11. Kautschuk.

Als Kautschuke werden einige im Milchsaft sehr zahlreicher, verschiedenen Familien angehöriger Pflanzen enthaltene Kohlenwasserstoffe, deren Formel durch Zyklooktadiënringe gekennzeichnet wird, sowie die aus der vegetabilischen „Milch“ gewonnenen technischen Produkte bezeichnet. Die ergiebigsten Pflanzen, bei welchen 20—40 % des Milchsaftes Kautschuk sind, gehören zu den wertvollsten Industriepflanzen (Euphorbiazeen: *Hevea*, *Manihot;* Morazeen: *Ficus;* Apozynazeen: *Kickxia*, *Landolphia*). Auch viele einheimische Pflanzen (*Euphorbia*, *Lactuca*, *Sonchus* u. a.) enthalten reichlich

Kautschuk (bis zu 0,5 % der Trockensubstanz der ganzen Pflanze), sind aber trotzdem wegen der allzu geringen absoluten Mengen, die sie liefern könnten, praktisch wertlos.

Guttapercha stammt aus dem Milchsaft des *Palaquium gutta* u. a.; es ist chemisch dem Kautschuk sehr ähnlich.

Kautschukhaltige Drogen sind das „*Euphorbium*", der Milchsaft der *Euphorbia resinifera*, und das obsolete „*Lactucarium*", der Saft der Komposite *Lactuca virosa*.

12. Alkaloide (einschl. Cholin- und Purinbasen).

Als Alkaloide bezeichnet man vor allem heterozyklische Pflanzenbasen, an deren Ringbildung Stickstoff teilnimmt.

Alkaloide kommen ausschließlich im Pflanzenreich vor, in diesem aber in großer Verbreitung, namentlich bei den Samenpflanzen. Sie sind wohl vorzugsweise Endprodukte des pflanzlichen Stoffwechsels, die zumeist neutralisiert durch Äpfel-, Oxal-, Zitronen- oder andere weit verbreitete Pflanzensäuren oder durch seltenere Säuren besonderer Art (Chinasäure in den Chinarinden, Mekonsäure im Opium, Akonitsäure in *Aconitum*) im Pflanzenkörper angetroffen werden.

Die Alkaloide sind die wichtigste Gruppe vegetabilischer Gifte; viele alkaloidreiche Pflanzen haben für unseren Arzneischatz große Bedeutung.

Nach dem chemischen Charakter ihres Ringes unterscheidet man fünf Gruppen:

1. Pyridin-Derivate. Wichtige Vertreter der Gruppe im Schierling (Koniin in *Conium maculatum*), in der Arekanuß (Arekaïdin, Arekolin u. a.), im Pfeffer (Piperin), im Bockshornsamen (Trigonellin im „*Semen foenugraeci*") und im Tabak, dessen Blätter wechselnde Mengen (0,6—8 %) verschiedener Alkaloide (Nikotin, Nikoteïn, Nikotellin usw.) enthalten.

2. Pyridin-Phenanthren-Derivate. Zu ihnen gehören einige besonders wichtige Alkaloide des Mohnmilchsaftes oder des „*Opium*": Morphin, Thebaïn, Kodeïn. Vgl. die 6. Gruppe.

3. Pyrrolidin- und Pyrrolin-Derivate. Von großer praktischer Bedeutung namentlich die Alkaloide vieler Nachtschattengewächse: Atropin in der Tollkirsche (*Atropa belladonna*), Hyoszyamin (= Daturin) in derselben, im Stechapfel (*Datura strammonium*), Bilsenkraut (*Hyoscyamus niger*), Mandragora (Alraune) und anderen Nachtschattengewächsen; Skopolamin in vielen Vertretern derselben Familie (*Atropa*, *Hyoscyamus*, *Datura* usw., namentlich in *Scopolia atropoides*). Ferner von großer klinischer Wichtigkeit das Kokaïn ($C_{17}H_{21}NO_4$), das neben vielen anderen Alkaloiden bis 1 % in den „*Folia coca*" (*Erythroxylon coca*) auftritt. — Lupinin und andere Alkaloide in den Samen der Lupine, Zytisin in dem des Goldregens (*Cytisus*).

4. Chinolin-Pyridin-Derivate. Chinin, Chinidin, Cinchonin, Chinoidin und zahlreiche andere an die (aromatische) Chinasäure gebundene Alkaloide der Chinarinden (*Cinchona succirubra*, *C. Ledgeriana* — die Rinden der letzteren bis 20 % Alkaloide). Einige Derivate der Chinaalkaloide spielen als Desinfizientia in der Klinik eine Rolle (Vuzin, Eukupin u. a.).

5. Imidazol-Derivate: die Alkaloide der (obsoleten) „*Folia Jaborandi*" (*Pilocarpus*).

6. Isochinolin-Benzol-Derivate. Wichtigste Vertreter der Gruppe die zahlreichen Alkaloide des Mohns (*Papaver somniferum*): Papaverin, Narkeïn, Narkotin. Die entsamten Kapseln der Pflanze enthalten 0,133 %,

der aus ihnen gewonnene Milchsaft etwa 10 % Alkaloide. In dieselbe Gruppe gehören die Alkaloide des „*Rhizoma hydrastis*“ (Hydrastinin), das Gift des Lerchensporns (*Corydalis*, Korydalin) u. a.

Alkaloide unbekannter oder noch ungenügend erforschter Konstitution sind die Gifte der *Strychnos*-Arten, Strychnin und Bruzin, und die Kuraregifte (Kurarin), die Alkaloide von *Aconitum* (Akonitin u. a. neben Akonitsäure, s. o.), von *Sabadilla* und *Veratrum* (Sabadillin, Veratrin u. a.), das Kolchizin der Herbstzeitlosen (in Zwiebel und Samen des *Colchicum autumnale* bis 0,4 %), das Yohimbin (Menolysin) von *Corynanthe Yohimbe*; das Solanin der Kartoffelkeime und Kartoffelfrüchte hat Glykosidcharakter. Von den Nadelbäumen ist die Eibe alkaloidhaltig (Taxin in Blättern und Samen von *Taxus baccata*), von den Thallophyten das Mutterkorn (Ergotinin in den Sklerotien der *Claviceps purpurea*). —

Zwei weitere Gruppen N-haltiger Pflanzenbasen unterscheiden sich von den bisher genannten durch ihre chemische Konstitution und ihre Rolle im Stoffwechsel der Pflanzen, in dem sie als intermediäre Abbauprodukte der Eiweißverbindungen erscheinen.

Cholinbasen. — Cholin, ein Bestandteil der tierischen Galle, ist im Pflanzenreich weit verbreitet (Samen vieler Pflanzen, Fliegenpilz). Ihm nahe verwandt das Muskarin, das Gift des Fliegenpilzes und anderer Schwämme. Cholin ist ein Bestandteil des Senfalkaloids Sinapin, das — in verschiedenen Bindungen — im schwarzen und weißen Senf angetroffen wird.

Purinbasen. — Die der Harnsäure chemisch nahestehenden Purinbasen sind Spaltungsprodukte der Nukleïne; sie kommen im Tier- und Pflanzenreich vor. Guanidin, ein Bestandteil des Guano, ist im Samen des Kürbis, der Leguminosen, in der Zuckerrübe u. a. nachgewiesen; Adenin tritt im Pankreas des Rindes auf, sowie in Zuckerrübe und Teeblättern; das im Fleischextrakt gefundene Karnin kommt in Hefe und Zuckerrübe vor u. a. m.

Große allgemeine Bedeutung haben einige nur in Pflanzen auftretende Purinbasen. Die wichtigste von ihnen ist das Kaffeïn (Koffeïn, Theïn); während die oben genannten Alkaloide s. str. nur in einzelnen Gattungen oder Familien auftreten, wird Koffeïn in Angehörigen der verschiedensten Familien gefunden. Seine energische Wirkung auf das Nervensystem, besonders die Nerven des Gefäßsystems und der willkürlichen Muskulatur, machen die an ihm reichen Pflanzenorgane zu hochgeschätzten Genußmitteln. Die Samen des Kaffees enthalten 0,5—1,3 % Koffeïn, das an Zitronen- oder Kaffeegerbsäure gebunden ist. Reich an Koffeïn sind die Blätter des Tees (2—3.5 %), der *Paullinia sorbilis* („Guarana“, 5 %) und der Matte (*Ilex paraguariensis*). Die Kolanüsse (*Cola vera* und *C. acuminata*) enthalten 0,6—2,4 % Koffeïn, der Kakao nur geringe Mengen. Die Möglichkeit, mittels Wasser das gebundene Koffeïn frei zu machen, und seine Löslichkeit in Benzol gestatten die Herstellung „koffeïnfreien Kaffees“, der nur noch bis 0,25 % Koffeïn enthält. Theobromin ist reichlich (1—4 %) im Samen von *Theobroma cacao* enthalten, spärlich in den Kolanüssen. — In der einheimischen Flora fehlen Gewächse, welche Koffeïn enthalten; die aus ihr hergestellten Kaffeeersatzmittel liefern daher mit ihrem Gehalt an Röststoffen wohl ein dem Bohnenkaffee in Farbe und Geschmack mehr oder minder ähnliches Getränk, bei dessen Genuß aber die vom Koffeïn her bekannten anregenden Wirkungen naturgemäß ausbleiben.

13. Eiweißstoffe.

Eiweißverbindungen sind N- und S-haltige organische Kolloide; einige von ihnen enthalten noch P. Bei hydrolytischer Spaltung liefern sie zahlreiche Aminosäuren — Leuzin, Tyrosin, Alanin, Histidin, Arginin, Tryptophan, Asparaginsäure, Glutaminsäure, Diaminokapronsäure u. a.

Die Molekularformel des Eiweiß ist unbekannt; das Molekulargewicht der Eiweißstoffe darf auf 10000 und höher angesetzt werden. Die Elementaranalyse der vegetabilischen Eiweißstoffe ergibt:

C	50,7—55,0 %
H	6.7— 7,3 %
N	15,4—19,3 %
O	19,1—23,7 %
S	0,4— 1,5 %
P	0,0— 0,5 %

Außerdem scheinen die Eiweißverbindungen anorganische Salze als untrennbaren Bestandteil zu enthalten.

Es gibt keine lebende Tier- oder Pflanzenzelle, welche nicht irgendwelche Eiweißstoffe enthielte. Die Vorgänge, die wir als Lebensvorgänge bezeichnen, spielen sich — soweit wir wissen — nur an eiweißhaltigem Substrat ab. Aus diesem Umstand eine Nötigung herzuleiten, von „lebendem Eiweiß" zu sprechen und solches von totem Eiweiß zu unterscheiden, wäre nicht gerechtfertigt.

Die wichtigsten chemischen — auch mikrochemisch brauchbaren — Reaktionen der Eiweißstoffe sind folgende: Biuretreaktion — mit Kupfersulfat und KOH (oder NaOH) gibt Eiweiß violette Farbe; Millon's Reagens — Rotfärbung beim Erwärmen, bedingt durch die Tyrosingruppe des Eiweißmoleküls; Xanthoproteïnsäurereaktion — mit konz. Salpetersäure färben sich Eiweißstoffe beim Erwärmen dunkelgelb (Nitrierung der aromatischen Kerne des Eiweißmoleküls); Molischs Reaktion — Eiweißlösungen und alkoholische α-Naphtollösung geben nach Zusatz von H_2SO_4 Violettfärbung, bedingt durch die Kohlehydratkomponente des Eiweißmoleküls. —

Die Analysen vegetabilischer Lebensmittel u. a. berichten über den Eiweißgehalt durch Angabe der in den Objekten enthaltenen „Stickstoffsubstanz": es wird — zumeist nach Kjehldahl — der Stickstoffgehalt des Materials bestimmt und die gewonnene Zahl — entsprechend dem N-Gehalt des Eiweißmoleküls — mit 6,25 multipliziert. Es ist klar, daß die Angaben über die Stickstoffsubstanz nur annähernd über den Eiweißgehalt Aufschluß geben können.

In Frischsubstanz wurden gefunden:	Stickstoffsubstanz:
Hülsenfruchtmehl	20,0 %
Linsen, weiße	18,2 %
Haselnuß	17,4 %
Bohnen, weiße	16,8 %
Erbsen, weiße	16,4 %
Maiskeime	16,3 %
Kakaobohne	14,2 %
Walnuß, frisch	13,8 %
Mais, ganzer Kern	9,8 %
Buchweizenmehl	9,5 %

Gerstengrieß	8,5 %
Roggenmehl	8,4 %
Trüffel	7,5 %
Grobes Weizenbrot	6,1 %
Feines Weizenbrot	5,7 %
Steinpilze	5,4 %
Champignon	4,8 %
Roggenschwarzbrot	4,4 %
Feigen, getrocknet	3,6 %
Winterkohl	2,8 %
Pfifferlinge	2,6 %
Perlzwiebeln	2,6 %
Spinat	2,4 %
Wirsing	2,3 %
Kohlrabi	2,1 %
Blumenkohl	1,8 %
Spargel	1,5 %
Kartoffeln	1,5 %
Rot- u. Weißkohl	1,3 %
Himbeeren	1,3 %
Kirschen	1,2 %
Kürbis, Pflaumen, Apfelsinen	1,0 %
Kopfsalat	1,0 %
Frische Äpfel	0,4—0,5 %

Die Zahlen geben Aufschluß über den hohen Eiweißgehalt der Samen, den geringen der Blatt- und Wurzelgemüse. Die von Brotfrucht sich herleitenden Nahrungsmittel sind um so eiweißreicher, je mehr die Zellen der peripherischen Aleuronschicht (s. o. Fig. 106 b) verwertet worden sind. Über die Keimlinge des Mais usw. vgl. das oben (S. 194) Gesagte. Der Stickstoffgehalt unserer Speisepilze scheint — den bisher vorliegenden Analysen nach zu schließen — innerhalb weiter Grenzen zu schwanken. —

Nach den Lösungsverhältnissen der Eiweißstoffe und ihrer Fällbarkeit durch Ammoniumsulfat, Magnesiumsulfat, Kochsalz unterscheidet die Tier- und Pflanzenchemie folgende Gruppen.

Albumine sind löslich in reinem Wasser und verdünnten Salzlösungen. In tierischen Produkten (Blut, Muskeln, Milch, Eier) sind sie weit verbreitet; im Pflanzenreich spielen sie eine untergeordnete Rolle (Leukosin der Getreidekörner).

Globuline sind in schwachen Salzlösungen löslich, sie erscheinen im Blut, im Dotter des Vogeleis (Vitellin) usw.; ob sie auch im Pflanzenreich auftreten, ist zweifelhaft. Ihnen mindestens sehr ähnlich sind viele Reserve-Eiweißstoffe der Pflanzen.

Edestine und Legumine, Eiweißstoffe, die als schwache Säuren an Magnesia und Kalk gebunden in dem Speichergewebe vieler Samen oft in kristallinischer Form auftreten (s. o. Fig. 76): Getreidekörner, Samen von *Ricinus*, *Linum*, *Bertholletia* u. a. Legumin im Samen der Erbsen u. a.

Gliadine oder alkohollösliche, wasserunlösliche Verbindungen. Absoluter Alkohol löst sie niemals. Als wichtigstes Beispiel kommt das Kleber-eiweiß der Getreidekörner in Betracht (bis 4 % des Trockengewichts des Weizenkorns).

Nukleoproteïde, P-haltige Eiweißverbindungen von hoher Komplikation und wichtigster Bestandteil des Zellkerns der Tier- und Pflanzenzelle. Typische Fermente zerlegen die Nukleoproteïde in P-freie Eiweiße und S-freie, P-haltige Nukleïnsäuren.

Nach Abspaltung von CO_2 vom Molekül der Aminosäure entstehen „proteïnogene Amine" — ein Prozeß, der im Tier- und Pflanzenkörper sich abspielt. Zu den proteïnogenen Aminen gehört das in den Sklerotien der *Claviceps purpurea* auftretende, von der Aminosäure Tyrosin sich herleitende Tyramin, das auch aus dem Tierreich (Zephalopoden) bekannt ist; hier wie anderweitig handelt es sich bei der genannten Gruppe von Aminen um giftige oder jedenfalls physiologisch stark wirkende Verbindungen.

Trimethylamin — $(CH_3)_3 \cdot N$ — ein nach Heringslake riechender Stoff, tritt bei Gärungs- bzw. Fäulniserscheinungen auf und gibt manchen Pflanzen ihren charakteristischen Geruch (*Chenopodium vulvaria*, Birnenblüten, auch manchen Pilzen). —

Mit Vorbehalt und nur vermutungsweise mögen die Vitamine an dieser Stelle eingereiht sein — organische P-haltige Verbindungen, von welchen man nicht viel mehr weiß, als daß sie im Pflanzenreich weit verbreitet und für die Ernährung des Menschen unerläßlich sind. Mangel an Vitaminen ruft schwere Stoffwechselerkrankungen hervor (Beri-Beri, Skorbut, Pellagra und andere „Avitaminosen"), die namentlich nach Ernährung mit geschältem Reis, mit kleiefrei hergestelltem Weizen- oder Roggenbrot oder mit Mais ausbrechen und durch Verabfolgung der in der Kleberschicht der Getreidekörner (Fig. 106 b) enthaltenen Stoffe, durch frisches Gemüse, Kartoffeln, Obst usw. behoben werden.

14. Fermente.

Die große Gruppe der Fermente oder Enzyme umfaßt Stoffe, über deren chemische Zusammensetzung wir nichts wissen, und die wir vorläufig nur durch die von ihnen ausgehenden Wirkungen kennzeichnen können.

Die Wirkungen der Fermente äußern sich vor allem darin, daß Verbindungen der verschiedensten Art, Kohlehydrate, Glykoside, Eiweißverbindungen usw. durch sie gespalten werden; die Zelle führt mit Hilfe ihrer Fermente Reaktionen aus, zu welchen das Laboratorium stark wirkender Säuren oder Alkalien oder hoher Temperaturen bedarf. Man bezeichnet die Wirkungen der Fermente als Kontaktwirkungen, da die Fermente lediglich durch ihre Gegenwart zu wirken scheinen, und der Ablauf der Reaktion ihre eigene Substanz unverändert läßt oder nur in sehr bescheidenem Maße verändert. Wirkungen dieser Art bezeichnet man als katalytische und die Fermente selbst als Katalysatoren, in der Annahme, daß sie Reaktionen herbeiführen, die auch ohne sie eingetreten wären, aber nur sehr langsam sich vollzogen hätten; die Wirkung der Fermente bestände hiernach darin, daß sie bestimmte Reaktionen beschleunigten.

Weniger als über die spaltenden Fermente ist über ihre Befähigung zu synthetischen Leistungen bekannt. Über die Mitbeteiligung eines Ferments beim Prozeß der Photosynthese s. o. S. 112. Der von der Theorie aufgestellte Satz von der Umkehrbarkeit der Fermentwirkungen fordert, daß jedes

Ferment nicht nur eine bestimmte Verbindung zu spalten, sondern diese aus den Spaltungsprodukten wieder aufzubauen vermag. Welche Bedingungen in der Zelle erfüllt sein müssen, damit die Fermente synthetisch tätig sein können, ist noch unklar.

Die Fermente sind streng spezialisiert, d. h. immer nur zu bestimmten Leistungen, zur Spaltung bestimmter Stoffe usw. befähigt. Die Spaltung eines jeden Zuckers scheint stets ein besonderes Ferment vorauszusetzen. Zellen oder Organismen, die viele Zuckerarten zu spalten imstande sind, enthalten ebenso viele Fermente oder sind zu ihrer Bildung befähigt.

Die Fermente entfalten ihre Wirksamkeit nur dann, wenn bestimmte äußere Bedingungen verwirklicht — namentlich bestimmte Stoffe, sog. Aktivatoren, anwesend sind — Säuren, Alkalien, Mangan oder komplizierte Stoffe unbekannter Zusammensetzung, wie das zur Zymasewirkung unerläßliche „Koferment" der Hefe.

Andererseits kann die Wirkung der Fermente durch bestimmte Stoffe aufgehoben, das Ferment „vergiftet" werden. Auch gegen physikalische Agentien sind die Fermente sehr empfindlich; Belichtung ist ihnen schädlich, hohe Temperaturen (60°) schwächen ihre Wirksamkeit sehr, Siedetemperatur „tötet" sie zumeist. Die schädigenden Wirkungen der Außenwelt können durch viele beigemischte Stoffe („Schutzstoffe") herabgesetzt werden: Diastase wird gegen die Wirkung hoher Temperaturen durch Stärkekleister „geschützt" usw. Röntgenstrahlen scheinen die Fermente nicht zu schädigen.

Sehr geringe Fermentmengen sind imstande, ansehnliche Massen chemisch zu verändern: gute Invertase vermag Rohrzucker noch im 200000-fachen ihrer Masse zu verarbeiten. Verdünnte Fermentlösungen wirken langsamer als konzentrierte.

Über die chemischen Eigentümlichkeiten der Fermente wird sich nichts Endgültiges ermitteln lassen, so lange ihre Isolierung und Reindarstellung nicht gelingen. Offenbar handelt es sich bei den im Tier- und Pflanzenreich auftretenden Fermenten um Eiweißverbindungen, vielleicht um Nukleoproteïde.

Fermente sind überall im Tier- und Pflanzenreich anzutreffen. Sehr viele Stoffwechselprozesse sind an das Wirken der Fermente gebunden: keine lebende Zelle ohne Fermente. Das Mischungsverhältnis, in dem die Fermente vorhanden, und die Intensität, mit der sie tätig sind, entscheiden vermutlich auch über viele Wachstums- und Gestaltungsprozesse und über den Ablauf pathologischer Vorgänge („enzymatische Krankheiten", vgl. V. Kapitel). Die Fermente bleiben entweder dauernd an die Zelle gebunden, von der sie produziert worden sind (sog. Endoenzyme) — oder sie diffundieren — trotz ihrem kolloidalen Charakter — aus den Zellen heraus (Sekretionsenzyme): erstere spalten nur die in der Zelle verhandenen oder in sie hineindiffundierenden Stoffe, letztere auch die im umgebenden Medium vorhandenen. Die Quantität eines vom Organismus gelieferten Ferments variiert mit den äußeren Umständen und den „Bedürfnissen" des Organismus; manche Pilze produzieren auf stärkearmem Substrat sehr wenig, auf stärkereichem sehr viel Diastase. —

Als „geformte Fermente" werden mikroskopisch kleine Lebewesen bezeichnet (Bakterien, Hefen), welche durch die von ihnen gelieferten Enzyme das sie umgebende Medium in sehr auffälliger Weise verändern können (geistige Gärung, Milchsäuregärung usw.). —

Die wichtigsten und in ihrer Wirkung am besten erforschten Enzyme des Pflanzenreichs sind folgende.

Stärkespaltende (verzuckernde) Fermente, Diastasen; reichlich in keimenden Getreidekörnern und seit vielen Jahren gern bevorzugtes Objekt der allgemeinen Fermentforschung. Verwandeln Stärke in Amylodextrine, Erythrodextrine, Dextrine, Maltose; große Stärkekörner erfahren unter der Einwirkung der Fermente deutliche Korrosion, d. h. Zerfall nach Einätzung unregelmäßiger Furchen und Gänge. Gekochte oder gar verquollene Stärke wird schneller verzuckert als rohe, unveränderte.

Alle stärkebildenden Pflanzen (s. o. S. 65) entwickeln auch Diastase; zur Diastaseproduktion sind aber auch stärkefreie Organismen befähigt (Pilze, Bakterien). Diastatische Enzyme spielen im Verdauungskanal der Tiere eine hervorragend wichtige Rolle.

Rohrzucker wird durch Invertin (Invertase) „invertiert", d. h. in ein Gemisch von Monosacchariden (Dextrose und Lävulose), sog. Invertzucker, verwandelt.

Inulin wird durch Inulase, Milchzucker durch Laktase, Malzzucker durch Maltase gespalten usw. Die Reservezellulose wird durch Zytase verzuckert.

Glykoside werden durch Fermente in der früher (s. o. S. 195) beschriebenen Weise zerspalten. Das amygdalinspaltende Ferment heißt Emulsin, das Ferment der Senfsamen (s. o.) Myrosin. Über Indoxylase, das Ferment der Indigobildung s. o. S. 196.

Fettspaltende Fermente oder Lipasen sind im Tier- und Pflanzenreich weit verbreitet. Überall wo Fette mobilisiert werden, sind jene tätig.

Eiweißspaltende oder proteolytische Fermente (Pepsine, Trypsine, Erepsine, Nukleasen) bewirken die Mobilisierung der in den Zellen deponierten Eiweißvorräte und als Sekretionsenzyme die Verdauung der von „insektenfressenden" Pflanzen eingefangenen Tiere.

Die Zymase spaltet Hexosen in Alkohol und Kohlensäure (s. o. S. 126). Milchzucker wird durch die Milchsäurebakterien in Milchzucker verwandelt (S. 126).

Die Oxydasen als sauerstoffübertragende Fermente sind bei der Lehre von der Atmung besprochen worden (s. o. S. 124).

15. Pflanzenfarbstoffe.

Von allen im Pflanzenreich auftretenden Farbstoffen ist das Chlorophyll das verbreitetste und das für alles organische Leben ohne Vergleich bedeutungsvollste.

Das Chlorophyll ist grün. Er erscheint stets gebunden an plasmatische Organe, niemals gelöst im Zellsaft und wohl niemals anders als in Kombination mit anderen, vorzugsweise gelben Farbstoffen; bei vielen Algengruppen wird der grüne Farbstoff durch gelbe, braune, rote oder blaue Begleitpigmente völlig verdeckt.

Das Chlorophyll ist löslich in Alkohol, Methylalkohol, Azeton, Äther, Schwefelkohlenstoff, Olivenöl usw. Um eine Zersetzung des Farbstoffes durch die Säuren des Zellinhaltes zu vermeiden, bediene man sich bei Herstellung einer Chlorophyll-Lösung getrockneter, pulverisierter Blätter (Brennnesseln oder ähnl.) und übergieße 2 g des Pulvers mit 10—20 ccm ca. 85 % Azeton (oder 90 % Alkohol). In äthylalkoholischer Lösung erfährt das Chlorophyll Verwandlung in eine kristallisierbare Substanz (blauschwarze Täfelchen).

Die Chlorophyll-Lösung fluoresziert: sie erscheint im durchfallenden Licht grün, im auffallenden dunkelrot. Ihr Absorptionsspektrum zeigt mehrere Bänder; die Maxima der Absorption liegen in Rot (zwischen B und C) und in Blau (zwischen F und G).

Zur Reinigung der Rohlösung, d. h. zur Beseitigung der das Chlorophyll begleitenden gelblichen Pigmente dient das Kraus sche Entmischungsverfahren: alkoholische Lösung wird mit Benzin ausgeschüttelt; die grünen Pigmente gehen in dieses über, die gelblichen bleiben im Alkohol.

Die frühere Meinung, daß Chlorophyll durch Gehalt an Fe dem Hämoglobin (Berzelius), durch P dem Lezithin vergleichbar sei (Hoppe-Seyler), ist irrig. Zwar setzt die Entstehung des Chlorophylls Fe voraus, doch ist das Pigment selbst ebenso Fe- wie P-frei. Ständig und reichlich in ihm vorhanden ist Mg (Wilstätter). Das Magnesium — komplex gebunden — spielt vielleicht beim Prozeß der Photosynthese eine entscheidende Rolle (Wilstätter).

Die Zusammensetzung des Chlorophylls ist (nach Wilstätter): $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$. Die Verbindung hat den Charakter eines Esters einer Trikarbonsäure

$$(C_{32}H_{30}ON_4Mg)\,(CO_2CH_3)\,(CO_2C_{20}H_{39}).$$

Das Chlorophyll verschiedener Pflanzen hat optisch und offenbar auch chemisch dieselben Charaktere. Der grüne Pigmentgehalt der Blätter unterscheidet sich bei verschiedenen Arten sehr stark hinsichtlich der Reichlichkeit des Chlorophylls und der beigemischten Begleitfarbstoffe. Bei kräftig grünen Blättern macht das Chlorophyll ungefähr 0,5—1 % der Trockensubstanz aus. Chlorophyllreiche Gemüse sind Spinat, alle Melden, (nicht etiolierter) Löwenzahn, Sauerampfer; wenig Chlorophyll findet sich in Kohlblättern, Kohlrabi u. a.; es fehlt z. B. in den Wurzelgemüsen.

Die klinische Verwendung des Chlorophylls (Chlorosan Bürgi) beruht auf der Annahme, daß es die Hämoglobinbildung fördere.

Karotin (Karoten), ein in gelben und gelbroten Pflanzenorganen, ferner in allen grünen Zellen als Beimengung des Chlorophylls auftretender Kohlenwasserstoff ($C_{40}H_{56}$), der wie das Chlorophyll an Chromatophoren gebunden oder in Form feiner Kriställchen in den Zellen erscheint (s. o. S. 64).

Die Flechtensäuren, eine umfangreiche Gruppe aromatischer Verbindungen, kommen in den Flechten (bis 8 % der Trockensubstanz) vor und sind zum Teil Farbstoffe. Aus der in verschiedenen Flechten, namentlich *Roccella*-Arten auftretenden Lekanorasäure wird durch Gärung das Lakmus gewonnen. Eßbare Flechten wie *Cetraria islandica* müssen durch Pottaschebehandlung zunächst „entbittert" oder ihrer Flechtensäuren (Zetrarsäure) beraubt werden.

Über die Atmungspigmente s. o. S. 124, über Anthozyane S. 196, Indigo S. 196, Phlobaphene S. 197.

V. Kapitel: Pathologie.

Aufgabe der Pathologie ist es, die krankhaften Lebensprozesse und Gestaltungsvorgänge der Pflanzen zu untersuchen, ihre Ursachen zu ergründen und Methoden der Heilung zu finden.

Die pathologischen Formen der Zellen, Gewebe und Organe, die bei den verschiedensten Pflanzenkrankheiten entstehen, übertreffen durch ihre Mannigfaltigkeit, ihre Häufigkeit und die Auffälligkeit bei weitem das, was der Tier- und Menschenkörper an Struktur- und Gestaltungsanomalien zu produzieren vermag. Die Auffälligkeit und Mannigfaltigkeit der pflanzlichen Mißbildungen erklären es, daß sie schon seit langem beachtet werden und verhältnismäßig gut erforscht sind.

Über die pathologischen Lebensvorgänge der Pflanzen sind wir dagegen erst sehr unvollkommen unterrichtet; namentlich ist die chemische Physiologie kranker Pflanzen und Pflanzenorgane ein erst wenig betretenes Gebiet.

Die Zahl der Krankheiten, welche die Pflanzen heimsuchen können, ist Legion: Störungen in der Ernährung, anomale Temperaturen, Mangel an Licht, Vergiftungen und mechanische Einwirkungen rufen Anomalien der verschiedensten Art hervor. Dazu kommt das ungeheure Heer pflanzlicher und tierischer Schädlinge und Parasiten, für welche die grünen, C-assimilierenden und organische Materie herstellenden und die speichernden Pflanzenorgane ein wertvolles Futter und einen kräftigen Nährboden bedeuten — und schließlich die große Zahl von Krankheitserscheinungen, deren Ursache noch nicht ergründet ist.

Die Bedeutung der Krankheiten für die Pflanzen ist verschieden. Die Fülle der assimilierenden Organe, die ein Baum produziert, und die Regelmäßigkeit, mit der er sich im Herbst ihrer entledigt und sie im folgenden Jahr neu bildet, machen die parasitäre Schädigung oder den Verlust einzelner oder sogar vieler von jenen für sein Gedeihen bedeutungslos. Eichenbäume können alljährlich von sehr vielen blattbewohnenden Parasiten und Parasitenarten gleichzeitig aufgesucht werden, ohne nennenswerte Schädigung zu erfahren. Mit derselben Leichtigkeit überwindet die Pflanze kleine Traumata ihrer Organe. In anderen Fällen ist die parasitäre Besiedelung so verhängnisvoll, die Entwicklung der Krankheit so rapide, daß Siechtum eintritt oder schneller letaler Ausgang.

Trotz dem vielseitigen theoretischen Interesse, das die Pflanzenkrankheiten gewähren, und der großen wirtschaftlichen Bedeutung, welche die Krankheiten der Nutzpflanzen für den Menschen haben, sind sie dennoch noch in keiner Richtung so gut erforscht wie die des Menschen.

Fragen wir nach den Übereinstimmungen zwischen tierischer und menschlicher Pathogenese, so finden wir in den Wirkungen der Unterernährung, in der Wirkung des Traumas und dem Wesen der Infektion und der Infektionskrankheiten eine Fülle gemeinschaftlicher Züge.

Überlegen an Mannigfaltigkeit der Symptome sind die Pflanzen dann, wenn der erkrankte Organismus mit irgendwelchen anomalen Wachstumsvorgängen auf anomale Lebensbedingungen reagiert.

Sehr viele Krankheitsformen, die beim Menschen hervorragende Rolle spielen, fehlen den Pflanzen ganz und gar. Aus dem Bau des Pflanzenkörpers ergibt sich ohne weiteres, daß für ihn nichts in Betracht kommt, was der abnormen Beschaffenheit des Blutes, den Kreislaufstörungen, den Schädigungen des Nervensystems, den Störungen im Chemismus der Verdauung oder den des Eiweißhaushalts in seinen Symptomen und seiner Wichtigkeit für den Organismus irgendwie entspräche. Der Pflanzenkörper kennt kein Fieber, keine Diathese. Der Begriff der Entzündung findet in der Pflanzenpathologie keine Anwendung, da keine Blutbahnen vorhanden sind, und in kranken Pflanzengeweben nichts gefunden wird, was mit serösen Exsudaten verglichen werden könnte.

Auch der Begriff der Malignität spielt in der Pathologie der Pflanzen keine Rolle. Es gibt am Pflanzenkörper keine Gewebewucherungen, die das unbeschränkte, destruierende Wachstum des Karzinoms hätten. Metastasen fehlen, wie sich aus dem festen Gefüge des Pflanzengewebes von selbst ergibt. Die Ontogenie eines Samens, eines Vegetationspunktes ist derart, daß Verlagerungen und Festlegung embryonaler Zellen beim Pflanzenkörper als unmöglich bezeichnet werden dürfen. Es ist schließlich nichts davon bekannt, daß inäquale Teilungen mit asymmetrischer Chromatinverteilung (Hansemann, Boveri) den Ausgangspunkt anomaler Gewebewucherungen bei den Pflanzen bildeten.

1. Unterernährung.

Gemäß der Verschiedenartigkeit der Quellen, aus welchen die Pflanzen ihren Bedarf für ihre Ernährung schöpfen, kommt Unterernährung bei ihnen auf verschiedenem Wege zustande.

1. Bei unzureichender Versorgung mit Kohlendioxyd kann die Assimilationstätigkeit der grünen Pflanzen nicht vor sich gehen. Praktische Bedeutung hat diese Form der Unterernährung freilich nicht, weil in der Natur stets ausreichende Mengen von CO_2 vorhanden sind.

2. Zu Unterernährung führt bei denselben Gewächsen der Mangel an Licht, der die Photosynthese ausschließt oder allzu schwach bleiben läßt. Daß in Organen, die sich bei Lichtabschluß oder bei ungenügender Belichtung entwickeln, kein normal funktionierender Assimilationsapparat zur Ausbildung kommt, wird im vierten Abschnitt („Etiolement") zu erläutern sein.

3. Für alle Gewächse von größter Bedeutung ist die ausreichende Versorgung mit Wasser und den im Wasser gelösten mineralischen Bestandteilen: Mangel an diesen oder jenem ruft in der Natur allenthalben weitgehende Störungen und sehr mannigfaltige und sinnfällige Symptome der Unterernährung hervor.

4. Mangel an organischer Nahrung hemmt die Entwicklung der heterotrophen Pflanzen; Ausfall an geeignetem Insektenbesuch ruft an Insektivoren, Ausbleiben der Infektion mit *Bacterium radicicola* an Leguminosen Erscheinungen der Unterernährung hervor.

Unterernährung ist nicht nur die Folge unzureichender Darbietung des Nährmaterials, sondern tritt ferner auch dann ein, wenn die Pflanzen aus irgendeinem Grunde nicht in der Lage sind, dargebotenen Nährstoff

reichlich genug aufzunehmen, wenn also die Aufnahmeorgane, die Wurzeln, den Pflanzen genommen oder wenn sie verstümmelt oder durch irgendwelche Krankheiten zum Verfall gebracht worden sind.

Schließlich kann auch die Besiedelung der Pflanzen durch Parasiten, die ihnen beträchtliche Mengen von Stoffen abzapfen, zur Unterernährung einzelner Organe oder ganzer Pflanzen führen. —

Die auffallendsten Symptome der Unterernährung sind die makro- und mikroskopisch wahrnehmbaren Anomalien ihres Habitus und ihrer Gewebestruktur.

Die Zellen verlieren bei ungenügender Ernährung ihre normale Stofffülle. Stärkespeichernde oder mit andern Stoffen gefüllte Zellen geben beim Hungern ihre Vorräte preis. Verdunkelte Zellen entstärken sich: selbst kräftige, stärkereiche Blätter, die man durch Auflegen lichtdichter Hüllen an der Fortsetzung ihrer photosynthetischen Tätigkeit hindert, werden in einem oder wenigen Tagen stärkefrei. Wie auch der tierische Körper beim Hungern an bestimmten Teilen sein Fett so lange zurückbehält, bis die übrigen Depots erschöpft sind (Orbitalfett usw.), gibt auch die hungernde Pflanze manche Reserven wie die Statolithenstärke der Wurzelspitzen erst spät her.

Bei anhaltender Inanition geht auch das Kapital der Zelle an lebendigem Material zurück; der Protoplasmavorrat nimmt ab, der Kern und die Chromatophoren werden substanzarm.

Leicht erkennbare Wirkungen auf die Bestandteile der Zelle hat Fe-Mangel; die Chromatophoren bleiben hellgrün oder völlig chlorophyllfrei, die Pflanzen sehen daher bleich, „chlorotisch" aus (Chlorose, Ikterus). Nachträgliche Fe-Zufuhr vermag den krankhaften Zustand zu beheben und nachträgliche Chlorophyllbildung anzuregen.

Zellen, die während ihres Wachstums nicht ausreichend ernährt werden, zeigen sich in ihrer Entwicklung gehemmt (Hypoplasie): sie erreichen nicht die normale Größe, die Membran verdickt sich nicht so stark wie unter normalen Verhältnissen und ähnliches mehr.

Die Gewebe der Pflanzen bleiben dank dem festen Gerüst, das sie in den festen Zellulosewänden der Zellen besitzen, auch bei langwährender Inanition und selbst nach dem Hungertode in ihrer histologischen Struktur unverändert, auch wenn die einzelnen Zellen noch so starken Stoffverlust zu erleiden gehabt haben. Gewebe, die während ihrer Entwicklung unterernährt waren, zeigen hingegen deutliche Symptome der Hypoplasie: schlecht ernährte Gewebe sind nicht so schichtenreich wie gut ernährte, und ihre Differenzierung geht nicht so weit wie bei diesen, so daß Organe, die normalerweise aus vielen wohl gekennzeichneten Gewebeformen sich zusammensetzen, fast durchaus homogen werden, d. h. aus nahezu gleichartigem, vorzugsweise parenchymatischem, dünnwandigem Gewebe bestehen. Während manche Formen des mechanischen Gewebes, die der assimilierenden u. a. bei Unterernährung leicht durch homogenes Parenchym ersetzt erscheinen, unterbleibt die Bildung von Leitbündeln selbst in schweren Fällen der Unterernährung nicht ganz.

Die Wirkungen der Unterernährung auf Habitus und Organbildung sind mannigfaltig und schon für das unbewaffnete Auge leicht erkennbar.

Ungenügend ernährte Pflanzen, die auf stoffarmem oder allzu trocknem Boden sich entwickeln müssen, bleiben kleiner als normal ernährte: *Senecio vulgaris*, *Chenopodium album*, selbst das stattliche *Echium vulgare* „ver-

zwergen“ oft in erstaunlichem Maße zu zollgroßen Geschöpfen (Nanismus). Man bezeichnet solche Verzwergung als eine harmonische, weil alle Organkategorien auch an den kleinsten Individuen noch entwickelt werden, und nach Produktion wenig zahlreicher Blätter der Zwerg eine seinen Dimensionen angemessene kleine, aber fruchtbare Blüte trägt: verzwergtes Kreuzkraut und verzwergter Senf blühen noch, wenn sie nur 2 oder 3 cm Länge erreicht haben. Gärtnerisch wertvoll ist die Verzwergung, die japanische Züchter bei verschiedenen Laub- und Nadelbäumen durch Kultur in allzu kleinen Töpfen hervorzurufen und so weit zu treiben verstehen, daß noch hundertjährige *Pinus*bäume als Topfpflanze kultiviert werden können. In derselben Weise wie diese sind auch unsre Zwergobstbäume ein Produkt der Unterernährung (Kultur in kleinen Kübeln, Pfropfen des Edelreises auf schwach wurzelnde Unterlage). Die Hemmung des Wachstums befördert Blüte und Fruchtansatz; zwergartig verbildete Individuen lassen eine Beschleunigung ihrer Entwicklung in dem Sinne erkennen, daß sie zu früherer Jahreszeit blühen als normal ernährte, und vieljährige Gewächse mit ihrer Blüte sogar um mehrere Vegetationsperioden den normalen vorauseilen. Die verfrühte Sexualbetätigung kombiniert sich oft mit stark gesteigerter Blütenproduktion, so daß die von Gärtnern geflissentlich in Unterernährung gehaltenen Exemplare sich buchstäblich zu Tode blühen können.

Die Zahl der von den Zwergen gebildeten Organe ist in vielen anderen Fällen bemerkenswert kleiner als bei normalen — nicht nur die der Blätter, sondern auch die der Blüten (Kompositenköpfchen). Ungenügende Ernährung setzt ferner die Zahl der Organe einer Blüte herab (Staubgefäße des Mohns, bei *Viola* u. a.).

Nicht alle Organformen machen gleich hohe Ansprüche an die Ernährung und werden daher von der Unterernährung in gleichem Maße betroffen. Mais entwickelt bei ungenügender Ernährung nur noch männliche Blüten (Kastration durch Unterernährung).

Ungenügende Ernährung oder Stoffentzug durch Parasiten fördert bei manchen Pflanzen die Entstehung kleistogamer Blüten, d. h. solcher, die sich nicht erschließen, sondern in geschlossenem Zustand die Bestäubung vollziehen. *Impatiens noli tangere* entwickelt auf Sand oder dann, wenn ihr durch Mehltaupilze Stoffe entzogen worden sind, nur kleistogame Blüten, bei guter Ernährung kleistogame und chasmogame d. h. zur Öffnung befähigte Blüten. —

Der Einfluß intermittierenden Hungers und die Wiederherstellung unterernährter Individuen durch gesteigerte Nahrungszufuhr sind fast noch gar nicht untersucht worden. Wir wissen, daß manche Arten der Zellendegeneration reversibel, d. h. wieder rückgängig zu machen sind, und daß chlorotische Färbung der Chromatophoren durch Zufuhr von Fe behoben wird (s. o.). Gewebe und Organe, die noch während der Inanitionsperiode ihre Ausbildung abgeschlossen haben, behalten im allgemeinen auch bei nachträglicher Aufbesserung der Ernährung ihre hypoplastischen Eigenschaften.

2. Überernährung.

Allzu starke Zuführung von Nährstoffen (Kultur auf stark gedüngtem Gartenboden) führt zu üppigem Wachstum.

Von Überernährung im Sinne einer pathologischen Erscheinung wird dann zu sprechen sein, wenn übermäßig reichliche Blattproduktion sich mit einer Reduktion der Blüte und des Fruchtansatzes kombiniert.

Überreich ernährte Zellen wachsen zu abnormer Größe heran (Hypertrophie); treten auch Teilungen ein, die normalerweise ausgeblieben wären, so liegt Hyperplasie vor. Durch hyperplastische Entwicklung der Markstrahlen kann der Charakter eines Achsenquerschnittsbildes dem eines normal ernährten Individuums sehr unähnlich werden.

Sehr viel auffallendere Produkte hypertrophischen Wachstums und hyperplastischer Gewebebildung als nach Überernährung werden nach Verwundung und parasitärer Infektion sichtbar; vgl. auch den nächsten Abschnitt.

Fig. 154. Hyperhydrische Gewebe: die Rinde eines Stammstückes von *Ribes aureum* hat unter dem Einfluß allzu reichlicher Wasserzuführung ein schwammartig lockeres, die Korkschicht sprengendes Gewebe geliefert.

3. Wasserüberschuß.

Überreichliche Versorgung mit Wasser äußert sich vor allem im Schicksal der Gewebe.

Namentlich an Kohlrabi beobachtet man bei feuchter Witterung an den Stengelknollen sehr häufig klaffende Wunden, die nach abnormer Steigerung der Turgeszenz durch spontanes Zerreißen des fleischigen Gewebes entstanden sind. Auch Möhren und andere fleischige Wurzeln, die saftigen Stengel vieler Pflanzen und viele Früchte erfahren dasselbe Schicksal.

Erhöhter Turgor ruft zuweilen abnorme Wachstumserscheinungen des Grundgewebes hervor (hyperhydrische Gewebe), das die Epidermis oder den Kork sprengt und als makroskopisch sichtbare Wucherung auf der Oberfläche des Organs erscheint. Namentlich die Zweige der Goldjohannisbeere (*Ribes aureum*) werden durch hyperhydrische Gewebe stark geschädigt (Fig. 154).

Das durch besonders reichliche Wasserfülle bedingte abnorme Wachstum der Zellen wird als Hypertrophie bezeichnet (s. o.), obwohl von einer Überernährung bei ihm nicht die Rede sein kann, vielmehr der Zelleninhalt nur an Wasser zunimmt, an Eiweiß und Stärke aber dabei sichtlich verarmt. Die Hypertrophie hyperhydrischer Zellen ist gleichwohl ein Wachstumsvorgang, da die Zellhaut keineswegs nur mechanisch gedehnt wird, sondern mit deutlich erkennbarem Flächenwachstum beteiligt ist.

Man hat anomale Gewebe der beschriebenen Art als Ödem bezeichnet und von Wassersucht der Pflanzen gesprochen; bei den hyperhydrischen Wucherungen der *Ribes* u. a. kommt die anomale Struktur der Gewebe durch die Wachstumstätigkeit der Zellen und durch degenerative Verarmung des Zellenleibes zustande; der gesamte Wassergehalt der ödematischen Wucherungen liegt in den Zellen selbst, niemals zwischen ihnen. Die weiße Farbe verdanken sie ihrem weitmaschigen lufterfüllten Interzellularraumsystem. Die abnorme Ansammlung von Zellsaft in den Zellen der hyperhydrischen Gewebe gestattet einen Vergleich mit den hydropisch degenerierten Zellen tierischer Gewebe.

4. Etiolement.

Alle Erscheinungen, welche die im Dunkeln oder bei unzulänglichem Lichtgenuß erwachsenen Pflanzen von den bei normaler Belichtung entwickelten unterscheiden, werden als Etiolement bezeichnet.

Etiolierte Pflanzen unterscheiden sich von normalen durch ihre bleiche Farbe; sie sind gelblich („Etiolin"), nicht grün. Nur wenige Pflanzen sind imstande, auch im Dunkeln Chlorophyll zu entwickeln, z. B. manche Koniferenkeimlinge. Obschon etiolierte Pflanzen durch ihre blasse Farbe den Fe-frei erzogenen äußerlich ähnlich sind, bleibt in der Pflanzenpathologie der Terminus der Chlorose auf diese beschränkt (s. o.).

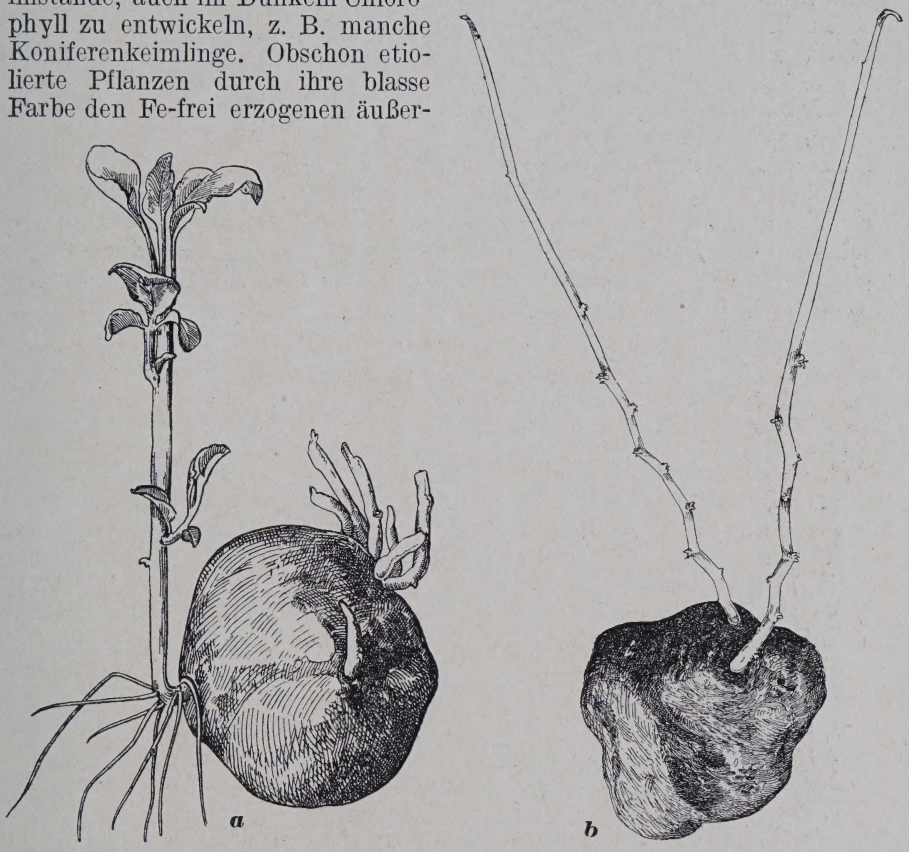


Fig. 155. Etiolement: Kartoffelknollen mit normal erwachsenen (*a*) und vergeilten (*b*) Sprossen. An ersteren normal gefiederte Spreiten, an letzteren ausschließlich Niederblätter; die untersten Knoten bereits blattlos.

Bei den Dikotylen erfahren die Internodien im Dunkeln abnorm starkes Längenwachstum, desgleichen die Blattstiele (Vergeilen, Verspillern); die Spreiten bleiben oft sehr klein. An etiolierten Trieben keimender Kartoffelknollen entstehen abnorm zahlreiche Knoten mit durchweg kleinen, kaum wahrnehmbaren Niederblättchen, während belichtete Triebe nach wenigen Niederblättern reich gegliederte große Spreiten produzieren (Fig. 155). Bei Monokotyledonen hält das basale Wachstum der Blätter im Dunkeln länger an als bei Licht.

Die Gewebedifferenzierung ist bei etiolierten Pflanzen unvollkommen (Hypoplasie) wie bei Unterernährung (s. o.).

Im allgemeinen gilt der Satz, daß die bleiche Farbe erst bei weitgehendem Lichtmangel, die Veränderung der Organformen schon bei geringerem Lichtausfall und die Hypoplasie der Gewebedifferenzierung auch dann erkennbar wird, wenn die äußere Tracht der Pflanze normal ist.

Nachträgliche Belichtung verleiht den etiolierten Pflanzen normale grüne Färbung; die hypoplastische Ausbildung der Zellen und Gewebe bleibt aber im allgemeinen auch bei Licht erhalten: etiolierte Pflanzen bleiben mechanisch wenig widerstandsfähig (Lagern des durch allzu dichte Saat sich beschattenden Getreides) und scheinen für Infektionskrankheiten besonders empfänglich zu sein.

Die geringe Gewebedifferenzierung und die weiche, saftige Beschaffenheit etiolierter Organe werden beim Gemüsebau verwertet: Bleichsellerie, Bleichzichorie („Chicorée") usw. bestehen aus zarten, gelblichen, im Dunkeln erwachsenen Sprossen. Sammelt man Löwenzahn für die Küche, so bevorzugt man gern die in Maulwurfshügeln — also im Dunkeln — herangewachsenen Exemplare.

5. Wirkung extremer Temperaturen.

Hohe Temperatur wirkt indirekt auf Leben und Gedeihen der Pflanzen, da sie den Boden wasserarm macht und die Transpiration steigert, — direkt dadurch, daß sie das Protoplasma der lebenden Zellen schädigt. Schädigung dieser Art tritt spätestens bei den Temperaturgraden ein, die das Eiweiß der lebendigen Zellen zum Koagulieren bringen. Im Protoplasma der an heißen Lokalitäten gedeihenden Arten (Algen, Bakterien) sind offenbar Stoffe wirksam, welche die Koagulationstemperatur des Zelleneiweiß weit hinaufschieben, so daß noch bei 80 und mehr Grad Wachstum vor sich gehen kann (heiße Quellen). —

Die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegen niedrige Temperaturen ist bei verschiedenen Arten sehr ungleich. Pflanzen aus heißen Klimaten werden bereits durch höhere Temperaturen geschädigt und getötet als die der gemäßigten Zonen.

Der Kältetod der Pflanzen wird auf verschiedenen Wegen herbeigeführt.

1. Bei niedrigen Temperaturen (etwa + 2° bis + 4°) sind die Wurzeln vieler Pflanzen nicht mehr imstande, ausreichende Mengen Wasser aus dem Boden aufzunehmen. Die fortgesetzte Transpiration bringt die Pflanzen zum Welken, schließlich zum Untergang. Mit Eisbildung hat diese Form des Kältetodes nichts zu tun.

2. Sinkt die Temperatur unter 0°, so erfolgt Eisbildung. Zunächst gefriert das in den Membranen der Zellen bezw. das auf der Oberfläche der Zellen befindliche Wasser. Die im Interzellularraum entstehenden Eiskristalle vergrößern sich, indem sie der Zelle mehr und mehr Wasser entziehen.

Es gibt Pflanzen, welche den Wasserverlust ertragen und nach dem Auftauen ihre Lebenstätigkeit wieder aufnehmen; andere gehen durch ihn zugrunde; langsames Auftauen vermag sie nicht zu retten. Von Äpfeln und Birnen ist bekannt, daß manche Arten das Gefrieren nur dann überleben, wenn der Tauprozeß langsam vor sich geht.

3. Schon bei Temperaturen über 0° kann bei manchen Pflanzen auch dann, wenn Transpiration und Wasserverlust ausgeschlossen sind, ausschließlich durch eine besondere Wirkung der Temperatur auf das Protoplasma der Tod eintreten.

Viele Stoffe, vor allem Zucker, ferner Glyzerin, Säuren u. a. erhöhen die Widerstandsfähigkeit der Zellen gegen Kälte. Die Verzuckerung der Stärke, welche die immergrünen Pflanzen im Winter vor sich gehen lassen, hat man daher als ein natürliches Schutzmittel der Pflanzen gegen Kälteschäden angesprochen.

Das „Süßwerden" der Kartoffeln bedeutet keinen Kältetod des Knollengewebes, sondern kommt dadurch zustande, daß bei niedrigen Temperaturen die Verzuckerung der Stärke durch diastatische Fermente ihren Fortgang nimmt, aber nur ein geringer Teil des Zuckers veratmet wird.

6. Lichttod.

Licht wirkt im allgemeinen wachstumhemmend. Belichtung als Krankheits- und Todesursache spielt namentlich bei den Mikroorganismen eine große Rolle.

Bakterienkulturen bringt man meist bei Lichtabschluß unter, damit ihre Entwicklung nicht durch das Licht aufgehalten werde. Belichtung durch direktes Sonnenlicht wirkt keimtötend (physikalische Desinfektion). Das vornehmlich Wirksame sind hierbei die ultravioletten Strahlen. Das an solchen besonders reiche Finsenlicht oder die Quarzquecksilberdampflampe haben durch ihre Tiefenwirkung besonderen therapeutischen Wert und sind zur Entkeimung von Wasser und Milch tauglich. Dieselben Faktoren liegen der Wirkung der natürlichen wie künstlichen Höhensonne zugrunde.

Über die Wirkung des Röntgenlichtes auf die Entwicklung pflanzlicher Organismen sind wir noch unvollkommen unterrichtet. Bakterien scheinen durch Röntgenstrahlen wenig oder gar nicht geschädigt zu werden.

Ungleich stärker als jenes wirken Kathodenstrahlen; Kulturen des *Bacterium coli* werden durch 100 K-Entladungen sicher abgetötet, während 13500 Entladungen der R-Röhre keinen Einfluß auf das Wachstum derselben Kulturen erkennen lassen.

7. Intoxikationen, giftige Stoffwechselprodukte.

Als Intoxikationen oder Vergiftungserscheinungen sind alle diejenigen bleibenden oder vorübergehenden Schädigungen des Lebens zu bezeichnen, welche durch irgendwelche chemische Agentien veranlaßt werden.

Tierisches und pflanzliches Protoplasma gleichen sich darin, daß sie im wesentlichen durch dieselben Kategorien von Stoffen geschädigt und getötet werden. Die in der zoologischen Mikrotechnik üblichen Fixiermittel wie Alkohol, Säuren, Sublimat usw. töten auch das pflanzliche Protoplasma. Der Umstand, daß die genannten Mittel auf Zellen tierischer wie pflanzlicher Herkunft fixierend wirken, d. h. den Zellenleib unter Erhaltung seiner Struktur töten, läßt die Annahme zu, daß Zellen beiderlei Art in ganz ähnlicher Weise von jenen Reagentien angegriffen werden, und die Abtötung in beiden Fällen eine übereinstimmende Reihe von Reaktionen bedeutet.

Tier- und Pflanzenzellen stimmen in ihrem Verhalten den Giften gegenüber auch darin überein, daß erst bei einer bestimmten Konzentration der angewandten Stoffe eine Giftwirkung erkennbar wird. Es gibt keinen Stoff,

der nicht bei hinreichender Verdünnung seine Giftwirkung verlöre. Allerdings sind eine Reihe von Fällen bekannt, in welchen selbst außerordentlich weitgehende Verdünnungen noch giftig wirken. *Spirogyra*-Zellen gehen in Leitungswasser zugrunde, weil es Spuren von Kupfer enthält („oligodynamische Wirkungen"). Rauchschäden, d. h. Vergiftungen der Pflanzen durch die von Hüttenwerken oder andern Industrieanlagen gelieferten Verbrennungsgase, kommen noch dann zustande, wenn die Luft 1 : 10 000 000 schweflige Säure enthält, und im Laboratorium rufen die geringsten Spuren der Luft mit Leuchtgas höchst eigenartige Anomalien hervor, so daß für viele Aufgaben des Pflanzenphysiologen Arbeitsräume, in welche Gasröhren gelegt sind, dauernd unbrauchbar bleiben.

Auch darin stimmen beide Organismenreihen miteinander überein, daß viele Stoffe, welche das Wachstum der Organismen aufhalten oder gar ihr Leben zerstören können, bei hinreichend starker Verdünnung entwicklungfördernd wirken. Bei niederen Pflanzen ist zuerst der Nachweis gelungen, daß giftige Metallsalze ($ZnSO_4$) dann, wenn sie in starker Verdünnung (etwa 1:10000) verabfolgt werden, die Ernte steigern, die Produktion organischer Materie also fördern, dasselbe hat sich auch für viele andere Verbindungen, auch organische, nachweisen lassen. Eine alte, am Menschen gewonnene Erfahrung lehrt, daß Arsen in großen Dosen giftig, in schwachen fördernd wirkt. Mit vielen ähnlichen Beispielen hat die Tierphysiologie bekannt gemacht. Gleichwohl wäre es unzulässig, anzunehmen, daß alle Stoffe in schwacher Konzentration anregend, bei höherer hemmend und als Gifte wirken könnten (Arndts biologisches Grundgesetz). Es ist nicht bekannt, daß Kupfersalze bei weitgehender Verdünnung auf Spirogyren förderlich wirkten — und ebensowenig, daß etwa Zucker bei hoher Konzentration giftig werden könnte. Die Bemühungen, durch Zusatz von „Reizdungmitteln" (Mn-, Pb-Salze usw.) den Boden ertragreicher zu machen, d. h. die auf ihm gebauten Kulturpflanzen zu erhöhter Assimilationsleistung anzuregen, haben bisher keine brauchbaren Resultate gezeitigt.

Alkohol und Äther, freie Säuren und Ätzalkalien, Metallsalze wie Sublimat u. a. sind für Zellen aller Art giftig, während organische Verbindungen wie Alkaloide, Blausäure u. a. nicht für alle Pflanzenzellenarten die Bedeutung von Giften haben. Auch in diesem unterschiedlichen Verhalten verschiedener Objekte bestimmten Stoffen gegenüber stimmen die Vertreter des Tier- und Pflanzenreichs miteinander überein. Die ungleiche Widerstandsfähigkeit verschiedener Pflanzen gegenüber bestimmten Giften wird bei den Methoden der chemischen Unkrautbekämpfung nutzbar gemacht: Hederich- und Ackersenfpflänzchen gehen durch Bespritzung mit Eisenvitriollösung zugrunde, Getreidepflänzchen bleiben so gut wie ungeschädigt. Auf die nitrifizierenden Bakterien wirken sogar Zucker und Pepton als Gifte, auf die obligat anaëroben der Sauerstoff.

Die Symptome der Vergiftung machen sich je nach der Konzentration des angewandten Giftes und der spezifischen Widerstandsfähigkeit des vorliegenden Zellenmaterials momentan oder erst nach langer Einwirkungsdauer bemerkbar.

Stark wirkende Gifte rufen Veränderungen am Zellenleib hervor, welche unter dem Mikroskop leicht verfolgt werden können: die Permeabilität des Protoplasmas ändert sich, die in der Zelle enthaltenen Stoffe verlassen jene auf dem Wege der Diffusion; oder es erfolgt ähnlich wie nach Behandlung mit osmotisch stark wirksamen Lösungen eine Kontraktion des

Protoplasmaleibes (Plasmolyse s. o. Fig. 112). Weiterhin werden strukturelle Veränderungen des Zellenleibes wahrnehmbar: Niederschlagsbildungen in Protoplasma, Zellenkern oder Chromatophoren (granuläre Degeneration), Änderungen im Lichtbrechungsvermögen des Kerns oder schaumige Veränderungen aller lebenden Anteile des Zellenleibes (vakuolige Degeneration): Kern und Chromatophoren können durch Entwicklung großer Vakuolen zu abnormer Größe anschwellen. Schweflige Säure ruft nach längerer Einwirkung bei Nadelbäumen eine charakteristische Rotfärbung der Schließzellen hervor. Bei Laubbäumen wird durch giftige Verbrennungsgase die Spreite verfärbt, indem viele Zellen getötet werden und durch Oxydation ihres Inhalts sich braun färben; H_2SO_4 läßt namentlich die zwischen den stärksten Spreitenadern liegenden Anteile, Cl und HCl vorzugsweise die Randpartien der Blätter sich bräunen.

Eine besondere Kategorie von Giftwirkungen liegt bei der Gallenbildung vor: durch die von fremden Organismen in äußerst geringen Mengen gelieferten, ihrem chemischen Charakter nach völlig unbekannten Stoffe werden die Zellen der von jenen befallenen Pflanzen zu erhöhtem, höchst eigenartig sich betätigendem Wachstum angeregt. Über die Produkte dieses anomalen Wachstums, die Gallen, berichet einer der folgenden Abschnitte (10).

Unter Narkose versteht man Zustände vorübergehender Lähmung, vor allem eine Herabsetzung der Sensibilität, die durch chemische Mittel, wie Alkohol, Äther, Chloroform usw. hervorgerufen worden ist. Mittel dieser Art heißen narkotische oder anästhetische.

Dieselben Stoffe, die auf den Tierkörper als Anaesthetica wirken, vermögen auch bei den Pflanzen die Sensibilität herabzusetzen. Untersuchungen an frei schwärmenden Mikroorganismen haben gezeigt, daß durch jene die Sensibilität eher und stärker beeinflußt wird als die Motilität.

Dieselben Stoffe haben noch andere Wirkungen auf Sensibilität und Reizbewegungen: durch Äther wird die im direkten Sonnenlicht beobachtete negative Phototaxis in positive verwandelt (*Chlamydomonas*).

Protoplasmaströmung wird durch Äther und Chloroform im Dunkeln arretiert; im Hellen wird sie wieder aufgenommen.

Die Wirkungen der anästhetischen Stoffe auf Keimung und Wachstum äußern sich oft in deutlicher Förderung. Besondere praktische und theoretische Bedeutung hat die Wirkung des Äthers auf ruhende Pflanzenteile. Durch „Ätherisierung“ gelingt es, die winterliche Ruhezeit der Holzgewächse u. a. abzukürzen und sie zu „treiben“, d. h. vorzeitig zum Grünen und Blühen zu bringen. Derselbe Effekt läßt sich übrigens durch physikalische und chemische Reize der verschiedensten Art herbeiführen.

Stehen der Pflanze Schutzmittel gegen giftig wirkende Stoffe zur Verfügung? Die Undurchlässigkeit der die lebendigen Anteile einer Zelle oder eines Organs umgebenden Hüllen läßt sich als solches ansprechen. Die erstaunliche Widerstandsfähigkeit lebender Schimmelpilze (*Penicillium*) gegenüber Cu-Salzen (Kultur auf 9 proz. Kupfersulfat) wird erklärt durch die Undurchlässigkeit des Plasma für Kupfer.

Giftig wirkende Stoffe werden nicht nur von der Außenwelt geliefert und den Pflanzen zugeführt, sondern auch von diesen selbst gebildet. Über giftige Stoffwechselprodukte und ihre Wirkung kann man sich, was niedere Organismen betrifft, verhältnismäßig leicht informieren, da diese

ihre Stoffwechselprodukte zum Teil an das Kulturmedium abgeben. Die an „alternden" Bakterienkulturen beobachteten Erscheinungen sind nicht nur auf fortschreitenden Verbrauch der in ihnen enthaltenen Nährstoffe, sondern namentlich auch auf eine Vergiftung des Substrats durch die von den Mikroorganismen ausgeschiedenen Stoffwechselprodukte zurückzuführen: das Wachstum der Bakterien wird verlangsamt, allerhand Mißformen („Involutionsformen") treten auf, es erfolgen Sporenbildung und völlige Sistierung der Teilungstätigkeit.

Auch bei Schimmelpilzen, Hefen und anderen leicht kultivierbaren Organismen wird ähnliches beobachtet. Hefen werden durch den von ihnen selbst hergestellten Alkohol vergiftet, sobald sich dieser hinreichend (ca. 20 %) angesammelt hat. Essigsäurebakterien vertragen Essigsäure nur bis zu einem bestimmten Prozentsatz (2—8), und auch viele Schimmelpilze werden durch die von ihnen selbst hergestellte Säure in ihrer Entwicklung aufgehalten. Über den Charakter vieler anderer schädlicher Stoffwechselprodukte sind wir erst unvollkommen unterrichtet: in Schimmelpilzkulturen entstehen sehr oft giftige Verbindungen, die durch Kochen der Nährlösung zerstört werden. In andern Fällen entstehen in den Nährlösungen von Pilzen unbekannte Stoffe, welche dem Wachstum der Organismen sogar günstig sind.

Auch von den höheren Pflanzen werden unzweifelhaft schädlich und giftig wirkende Stoffwechselprodukte geliefert; sie werden aber nicht so reichlich und so vollkommen in das Substrat der Gewächse abgegeben wie von niederen Organismen, sondern zum Teil wenigstens im Organismus dauernd bewahrt.

Die Erscheinungen des physiologischen Alterns dürften wie bei den Tieren so auch bei den höheren Pflanzen vornehmlich durch die im Organismus sich anhäufenden schädlichen, entwicklunghemmenden Stoffwechselprodukte bedingt sein (s. o. S. 133). In welchem Maße der Pflanzenkörper sich durch Ausscheidung solcher Stoffe entlasten kann, bedarf der näheren Untersuchung; es scheint nicht ausgeschlossen, daß unter die Faktoren, welche die „Müdigkeit" des Bodens hervorrufen, d. h. seine Unfähigkeit, eine bestimmte auf ihm reichlich erzeugte Fruchtform weiterhin zu gleichbleibend freudigem Gedeihen zu bringen, seine steigende Beladung mit irgendwelchen schädlichen vegetabilischen Stoffwechselprodukten zu rechnen ist.

Noch weniger als über die im normalen Stoffwechsel der Pflanzen auftretenden, selbstvergiftenden Produkte wissen wir über die von kranken Organismen gelieferten Stoffe. Sicher ist, daß in kranken Gewächsen giftige, sehr auffällige Erscheinungen bewirkende Stoffe entstehen können. Hierher gehört das abwechslungsreiche Krankheitsbild der Panaschierung (Buntblättrigkeit, Variegatio, panachure). Mit diesem Worte werden Erscheinungen verschiedener Art bezeichnet, deren gemeinsames Merkmal in der Buntheit der Blattspreiten liegt, welche aus normal grünen und gelblichen oder weißen Anteilen zusammengesetzt erscheinen. Als Vergiftungsphänomen ist die Panaschierung der Malvazeen, vor allem der *Abutilon*-Arten erkannt worden, die wegen ihrer scheckigen Blätter in den Gärten gern gezogen werden. 1868 wurde zum erstenmal ein buntblättriges Individuum des *A. striatum* beobachtet; die neue Form kam nach ergiebiger Stecklingvermehrung unter dem Namen *A. Thompsoni* in den Handel. Das lokale Verbleichen des Chlorophyllapparates ist ohne Zweifel als Wirkung eines giftigen, in der Pflanze selbst produzierten Stoffes anzusprechen. Durch Pfropfen eines panaschierten

Reises auf eine grüne Unterlage gelingt es, auch diese „bunt“ zu machen. Die Entstehung des Virus wird durch Belichtung gefördert, ja ist geradezu an diese gebunden. Entfernt man die bunten Blätter, so werden die neu entstehenden normal grün, da keine Vergiftung von den bereits entwickelten, gescheckten Blättern mehr möglich ist.

Ähnliche Erscheinungen sind für Tomate und Tabak bekannt. Auch Einspritzen des Saftes panaschierter Pflanzen in die Triebspitzen normal grüner Individuen läßt diese erkranken. Der Krankheitsstoff scheint ein

Fig. 156. Panaschierung (*Tradescantia zebrina*): die Pflanze besteht zur Hälfte aus grünen, zur anderen Hälfte aus blassen Anteilen.

fermentähnlicher Körper zu sein: er behält seine Wirksamkeit auch nach Fällung mit Alkohol.

Den Erscheinungen der infektiösen Panaschierung („infektiösen Chlorose“) stehen die nicht übertragbaren Formen der Buntblättrigkeit gegenüber. Sie werden durch scharfe Umgrenzung der weißen und grünen Anteile der Spreiten gekennzeichnet, während bei den infektiösen Formen die Grenzen zwischen diesen und jenen stets unscharf sind. Fig. 156 veranschaulicht das Aussehen einer Pflanze, die ungefähr zur Hälfte aus blassen, zur andern aus normal grünen Anteilen besteht. Panaschierte Pflanzen dieser Art bauen sich aus zwei verschieden veranlagten Längshälften auf — einigermaßen gewissen abnormen Individuen der Insekten (Schmetterlinge,

Ameisen usw.) vergleichbar, deren Körper auf der einen Hälfte männlich, auf der andern weiblich ist, oder deren Hälften sogar der Spezies nach verschieden sind (Bastarde von Schmetterlingen). Fig. 157 zeigt einen Zweig einer panaschierten *Ficus*-Art, deren Blätter „marmoriert", d. h. aus grünen und blassen Feldern mosaikartig zusammengesetzt sind, während die Früchte in meridionaler Teilung grüne und blasse Sektoren miteinander wechseln lassen.

Auch hier sind die Zellen der blassen Anteile durch unvollkommene Ausbildung ihrer Chloroplasten gekennzeichnet. Auch hier ist vermutlich ein Stoffwechselvirus im Spiel, aber es vermag nicht von Zelle zu Zelle, von Organ zu Organ zu wandern.

Fig. 157. Panaschierung (*Ficus Parzellii*): marmorierte Zeichnung der Spreiten, sektoriale Differenzierung der Frucht.

Pflanzen, welche anomalerweise gar keine grünen Zellen mehr entwickeln, sondern nur aus blassen Anteilen bestehen, heißen Albinos. Solche sind — da ihnen die Fähigkeit der Photosynthese fehlt — nicht dauernd lebensfähig. Man findet Albinos unter den Getreidesaaten und bei vielen anderen Pflanzenarten bis zu 2% der Gesamtaussaat; nach Verbrauch der in den Samen und Früchten enthaltenen Reserven gehen die blassen Sämlinge zugrunde. In einzelnen Fällen ist es gelungen, Albinos durch Pfropfen auf grüne, assimilierende Unterlagen zu anhaltendem Wachstum zu bringen. —

Daß die durch giftige Stoffwechselprodukte bewirkten Krankheiten erblich und zwar nach dem Mendelschen Schema vererbbar sind, ist für eine an *Mirabilis jalapa* auftretende, als Sordago bezeichnete Krankheit erwiesen; sie kennzeichnet sich durch lokale schmutzigtrübe Verfärbung der Spreiten.

8. Wirkungen der Polarität.

Von den Wirkungen der Polarität auf die Organbildung war früher (III. Kapitel, S. 134) die Rede. Invers kultivierte Pflanzen, d. h. solche, bei welchen zwangsweise der Wurzelpol zum Sproßpol gemacht und der Sproßpol in die Erde gepflanzt und zur Ausbildung eines Wurzelsystems angeregt worden ist, können zwar viele Jahre lang ihr Gedeihen finden, wachsen aber nicht so kräftig wie normal orientierte und bringen (*Salix*) durch anomale Verdickungen ihres Stammes und andere Strukturanomalien die Wirkungen der gestörten Polarität zum Ausdruck.

9. Traumata.

Umstände mannigfaltiger Art bringen beim normalen Gang der Entwicklung dem Pflanzenkörper kleine und große Wunden bei: der herbstliche Laubfall, der ihm vorausgehende Zerfall gefiederter oder gefingerter Blattspreiten in ihre einzelnen Stücke, die spontane Ablösung kleiner Zweige („Zweigabsprünge"), die Entblätterung alternder Blüten und die Dehiszenz der Antheren und Kapselfrüchte bedeuten unter allen Umständen die Entstehung schon makroskopisch wahrnehmbarer Wunden; mikroskopisch kleine entstehen, wenn Nebenwurzeln aus dem Gewebe der Hauptwurzeln hervorbrechen, wenn „hinfällige" Haare von der Epidermis sich ablösen. Diese „physiologischen Wunden" sind für Leben und Gedeihen des Organismus oft deswegen belanglos, weil sie einem Organ beigebracht werden, das selbst schon kurz vor seinem physiologischen Tode steht. Die den Achsen durch Laubfall und Zweigabsprung beigebrachten Wunden andererseits verheilen sehr schnell, indem sich an ihnen eine dünne Korkschicht zu bilden pflegt.

Die Bedeutung pathologischer Wunden für den Organismus liegt einerseits in dem Stoffverlust, d. h. in dem Verlust an lebenskräftigem, stofferfülltem Gewebematerial, das dem Organismus bei Verstümmelungen oft in gewaltigen Massen genommen wird, andererseits in den Kontinuitätsstörungen, welche kräftig vegetierendes, stoffreiches Gewebe durch Verwundung erfährt, in den Unterbrechungen der Leitungsbahnen, den Störungen der Korrelationen (s. o. S. 132), der Erschließung zahlreicher Eingangspforten für Infektionen und dem Wasserverlust, der nach Bloßlegung des ungeschützten, stark transpirierenden inneren Gewebes unausbleiblich ist.

Pathologische Wunden werden den Pflanzen durch die Witterung (Wind, Hagel, Frost), durch pflanzenfressende Tiere und Parasiten verschiedenster Art und durch den Menschen (Ernte, Forstnutzung, Gartenpflege, Pfropftechnik und Laboratoriumsversuche) beigebracht.

Die Wirkungen der Verwundung sind sehr mannigfaltig. Verwundetes Gewebe zeigt eine Steigerung der Atmungstätigkeit und Erhöhung seiner Temperatur, Änderungen in seiner Elektrizitätsproduktion und Beschleunigung der Protoplasmaströmung seiner Zellen.

Unter dem Einfluß des Wundreizes erfolgen taktische Umlagerungen des Zellkerns und der Chromatophoren, die sich in bloßgelegten Zellen nach der Wundfläche hin bewegen.

Sehr sinnfällig äußern sich in manchen Fällen die Änderungen im osmotischen Verhalten der Zellen, die zumal nach wiederholter Wundreizung ansehnliche Mengen Zellsaft auspressen können; diesem Vorgang liegt die Gewinnung des Palmenweins aus verwundeten Blütenständen der Kokos-

und anderer Palmen, die Gewinnung der mexikanischen „Pulque“ aus verwundeten Agaven, sowie die Erscheinung des „Schleimflusses“ zugrunde, der aus Frostspalten und andern Wunden unserer Bäume jahrelang sickert.

Die Unterbrechung der Leitungsbahnen bewirkt Störungen der Stoffwanderung, lokale Stauungen und Anhäufung von Stoffen: die in herbstlicher Verfärbung begriffenen Blätter mancher Bäume bleiben nach Verwundung ihrer Leitbündel am distalen Teile grün, während der proximale schnell vergilbt. —

Gut erforscht sind die formativen Wirkungen der Verwundungen.

Verwundete Zellen gehen im allgemeinen zugrunde. Eine Ausnahme machen nur die durch besondere Größe ausgezeichneten Zellenarten. Die Schlauchalgen oder Siphoneen (s. o. S. 80) bekunden auch nach starker Verstümmelung ihrer großen Zellen erstaunliche Lebenszähigkeit. Zellen der *Valonia* bleiben, nachdem man ihre Membran angestochen und einen beträchtlichen Teil ihres Protoplasmas und Zellsaftes ausgedrückt hat, noch lebensfähig und schließen die ihnen beigebrachte Wunde mit einem Plasmapfropf. Zerstückelte Zellen der *Vaucheria* (Fig. 12) bekleiden ihren Protoplasmaleib an den Wundstellen mit einer neuen Membran. Wie die Neuronen des tierischen Körpers sind auch die im Körper der höheren Pflanzen liegenden atypisch großen Zellen durch Zerstückelung nicht ums Leben zu bringen: die Milchröhren schließen sich an den Wundstellen durch einen Koagulationspfropf; an unseren Nesseln findet man nicht selten Stümpfe abgebrochener Brennhaare, die an der Wundfläche durch eine neue Membran oder einen Plasmapfropf sich geschlossen und den Restbestand ihres lebendigen Inhalts erhalten haben.

Über die — vermutlich chemischen — Korrelationen, welche zwischen Zellkern und Protoplasma bestehen, sind an zerstückelten Zellen verhältnismäßig leicht aufzudecken. Durch Plasmolyse (s. o. S. 104) gelingt es oft, zumal in langgestreckten Zellen, den Protoplasten bei seiner Kontraktion in zwei völlig getrennte Teilstücke zerfallen zu sehen, von welchen natürlich nur eines mit einem Zellkern ausgestattet sein kann. Beide Teilstücke bleiben am Leben, verhalten sich aber darin verschieden, daß nur der kernhaltige Protoplasmaballen eine Haut an seiner Oberfläche bildet. Der Befund entspricht dem Verhalten zerstückelter Protozoën: nur diejenigen Teilstücke, welche den Kern oder ein Stück des Kerns erhalten haben, sind regenerationsfähig.

Wenn bei gröblicher Verwundung der Organe höherer Pflanzen die verletzten Zellen im allgemeinen zugrunde gehen, so liegt der Grund nicht in einer spezifischen Unfähigkeit, Kontinuitätsstörungen oder Stoffverlust zu ertragen, sondern nur in der Brutalität des Eingriffs, der sie betroffen hat. Durch Plasmolyse läßt sich zeigen, daß auch kleine Trümmer des Protoplasmaleibes, daß sogar kernfreie Plasmaballen noch lange lebensfähig bleiben, und die Teilstücke, in die ein Zellenleib zerlegt worden ist, wieder zu einem lebensfähigen Ganzen zusammenfließen können, solange die Plasmatröpfchen nicht mit einer neu gebildeten Membran sich ausgestattet haben. Wir sehen ferner, daß die zarten Verwundungen, welche die Hyphen parasitischer Pilze oder die dünnen Saugorgane der Blattläuse den Pflanzenzellen beibringen, dem Leben der betroffenen Zellen keineswegs ein Ende machen.

Gehen die verwundeten und auch die der Wundfläche nahe liegenden intakten Zellen durch Vertrocknung zugrunde, so werden die tieferen Ge-

webeschichten durch den Wundreiz — selbst noch in einer Entfernung von mehreren Zentimetern von der Wundfläche — zu eigenartigen Gewebebildungen veranlaßt. Unter den Faktoren, deren Summe den „Wundreiz" ausmacht, scheint die Wirkung der an der Wundfläche entstehenden Zersetzungsprodukte keine geringe Rolle zu spielen.

Nach Verwundung parenchymatischer Organe entsteht — vorausgesetzt, daß der Wundfläche wenigstens ein bescheidener Grad von Transpiration möglich ist — in meist geringem Abstand von der Wundfläche ein aus wenigen Zellenlagen gebildetes Korkgewebe, das als zusammenhängende Schicht die ganze Wundfläche überzieht (Wundkork). Lentizellen fehlen ihm durchaus, so daß durch ihn das tiefer liegende Gewebe noch dichter von der Außenwelt abgeschlossen wird als durch Epidermis und normalen Kork. Wundkork entsteht auch dann, wenn im Innern eines Organs größere oder kleinere Zellengruppen absterben; die nekrotischen Anteile werden durch einen hohlkugelähnlichen Wundkorkmantel von dem umliegenden lebenden Gewebe isoliert. Schon in einem oder wenigen Tagen können die Wunden parenchymatöser Organe durch Wundkorkbildung per primam intentionem zu Heilung und Verschluß gebracht werden. So schnelle Heilungen, wie sie z. B. an Froschlarven durch Abwanderung der Epithelzellen und schleunige Epithelisierung der Wundfläche erreicht werden, sind für Pflanzen nicht bekannt und bei ihnen durch den festen Verband der Zellen durchaus unmöglich gemacht.

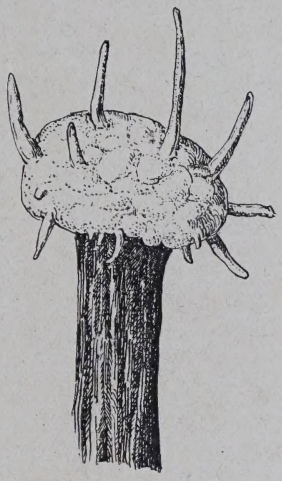


Fig. 158. Kallusbildung: Pappelstecklinge nach mehrwöchentlichem Aufenthalt in feuchter Luft. Zahlreiche Adventivtriebe sind entstanden.

Unter Kallus versteht man eine reichlich proliferierende, lockere, parenchymatische Gewebemasse, die namentlich nach Verwundung von Stengelorganen und Stammstücken sichtbar wird und aus dem Kambium der verletzten Organe sich dann, wenn feuchte Luft die Wunde umgibt, überaus reichlich entwickelt (Fig. 158): an der Schnittfläche von Stecklingen entstehen zentimeterhohe Wucherungen, die mit dem Granulationsgewebe der Wunden des Tierkörpers verglichen werden dürfen. Der Kallus stellt zunächst ein homogenes Parenchymgewebe dar; später werden Leitbündel, Kambium und andere Gewebeformen in ihm ausgebildet, schließlich Vegetationspunkte neuer Sprosse und Wurzeln.

Selbst noch in einem Abstand von mehreren Zentimetern von der Wundfläche wird das Kambium zu anomalen Wachstumsleistungen angeregt. Es betätigt sich stärker als unter normalen Verhältnissen und liefert nach innen reichliche Massen eines anomal gebauten Holzes, das namentlich durch die Kürze seiner faserigen Elemente und das Vorherrschen parenchymatischer Anteile vom normalen sich unterscheidet. Aus solchem Wundholz bestehen auch die Überwallungswülste, die sich in jahrelanger Wachstumstätigkeit der im Kallus gebildeten Kambien über die Wundflächen verletzter Baumstämme oder -wurzeln schieben und sie schließlich vollkommen bedecken, sowie die eigenartig kielähnlichen Frostleisten, die sich an Bäumen bilden, wenn tiefe Temperatur die Rinde zu starker

tangentialer Kontraktion gebracht und spaltenartige Längsrisse an ihr hat entstehen lassen (Frostspalten). Aus Wundholz mit eigenartig geschlängeltem Faserverlauf bestehen ferner die Masern (Maserknollen), die nach Verwundung oder nach Störungen anderer Art als zentnerschwere, strumaähnliche Wucherungen an den Stämmen der Ulmen, Pappeln, Birken, Linden, Nußbäume usw. erscheinen und namentlich für die Werkstätten der Ziertischlerei hohen Wert haben.

Verheilung größerer Wundflächen durch Überwallung (s. o.) bleibt oft jahrelang unvollkommen, weil das parenchym- und saftreiche Wundholz gegen Frost wenig widerstandsfähig ist; nach Tötung seiner Gewebe durch die Winterkälte bildet sich ein neuer Überwallungswulst. Nach mehrmaliger Wiederholung desselben Vorganges entsteht ein etagenähnlich geschichteter Rahmen rings um die Wundfläche, den man wenig glücklich als Krebs (Karzinom, Frostkrebs) bezeichnet (Fig. 159). Mit den malignen Krebsbildungen des Tier- und Menschenkörpers hat er außer einer bescheidenen äußeren Ähnlichkeit nichts gemeinsam.

Fig. 159. Krebs am Stamm eines Apfelbaums. In der Mitte ist noch ein Stückchen der bloßgelegten Holzfläche sichtbar; rings um diese mehrere Wulste von Wundholz.

An den Kirschbäumen und einigen wenigen anderen Arten tritt nach Verwundung und nach anderen Veranlassungen lokale Verflüssigung jugendlicher Gewebeanteile auf; es entstehen flache Beulen, die aufbrechen und ihren bernsteinbraunen Inhalt wie Tränen über die Rinde tropfen lassen (Gummosis, Gummifluß). Um ähnliche Verflüssigungsvorgänge handelt es sich wohl auch bei Entstehung des „Gummi arabicum“ in den „Gummigallen“ der *Acacia senegal* und ähnlicher *Acacia*-Arten.

Gummibildung ohne gleichzeitige Gewebeverflüssigung tritt bei Laub- und Nadelbäumen häufig auf. Ein der Kernholzbildung (s. o. S. 100) vergleichbarer Prozeß macht nach Verwundung unter Füllung der Gefäße mit gummi- oder harzähnlichen Stoffen an bloßgelegten Stellen des Xylemzylinders das Holzgewebe besonders widerstandsfähig (Schutzholz, Kienholz der Koniferen). —

Während im tierischen Körper die Resorption nekrotischer Gewebe bei der Wundheilung eine große Rolle spielt, tritt bei der Wundheilung der Pflanzen eine solche stark zurück; offenbar sind es die Zellwände, die eine restlose Resorption toter Gewebsanteile in den meisten Fällen verhindern. —

Durch Verwundung werden namentlich dann, wenn sie eine starke Verstümmelung mit sich bringen, Vorgänge der Organbildung verschiedenster Art angeregt (Regeneration).

Daß verstümmelte Organe sich zu ihrer ursprünglichen Form restituieren („restitutio ad integrum"), indem an der Wundfläche ein Regenerat sich bildet, welches dem entfernten Anteil in Größe und Qualität vollkommen entspricht, ist im Pflanzenreich selten: Wurzeln, welchen die äußerste Spitze genommen worden ist, restituieren diese; halbierte Wurzelspitzen ergänzen jede Spitzenhälfte zu einer kompletten Wurzelspitze.

Den Planarien und andern tierischen Objekten ähnlich verhalten sich die Wurzeln der Pflanzen auch darin, daß sie nach seitlichen Einschnitten die abgetrennten Gewebelappen zu kompletten Wurzelspitzen ergänzen, also Organe an Orten entstehen lassen, an welchen sie normalerweise nicht entstanden wären (Heteromorphose).

In andern Fällen tritt nach Verwundung gehäufte Neubildung von Organen ein; der Bau eines regenerierenden Organismus wird hierbei von dem des normalen wesentlich verschieden. Auf den Stümpfen gefällter Pappeln entstehen unter Vermittlung eines ringförmigen, zwischen Holz und Rinde emporwuchernden Kallus (s. o.) oft hunderte von neuen Sprossen. Der Blasentang (*Fucus vesiculosus*) läßt aus jeder Wunde, welche die Mittelrippe des Thallusbandes trifft, dichte Büschel neuer Zweige hervorsprossen (Fig. 170) usw.

Die regenerative Organbildung wird beherrscht von dem Gesetz der Polarität (s. o. S. 134): am apikalen Ende eines Sproßstecklings ist die Sproßneubildung, am basalen Pol die Wurzelbildung gefördert. Werden isolierte Stücke eines Pflanzenkörpers auf einen anderen transplantiert, so erfolgt die Verwachsung von Transplantat und Unterlage besonders sicher und schnell, wenn gleichnamige Pole beider Stücke nach derselben Richtung sich wenden: der Verwachsungsprozeß wird behindert, wenn ein Transplantat in inverser Stellung auf die Unterlage gebracht wird. Analoge Äußerungen polarer Differenzierung sind weder von den niederen Tieren (Regeneration der Würmer und Amphibien) noch von dem Gewebe des Menschen bekannt (Transplantatien von Sehnen u. a.).

Schließlich kann Verstümmelung und Beseitigung eines Organs oder Organkomplexes die dem Organismus noch verbliebenen Anteile zu irgendwelchen Änderungen veranlassen, welche einem Ersatz des fehlenden nahekommen (Kompensationen). Entfernt man früh genug die Blattspreiten einer Saubohne (*Vicia faba*), so wachsen die Nebenblätter zu abnormer Größe heran. Stutzt man die Zweige einer Pflanze, so regt man die unterhalb der Schnittfläche liegenden Knospen zum Wachstum an; selbst die seit vielen Jahren „schlafenden" Augen können durch solche Eingriffe zum Treiben gebracht werden. Entfernt man an Tannen die Spitze des Hauptsprosses, so richtet sich einer der Seitensprosse auf und stellt sich in die Richtung des verloren gegangenen Teiles ein; nimmt man einem Keimling, wie dem in Fig. 50 dargestellten, die Spitze seiner Hauptwurzel, so setzt eine der jüngsten Nebenwurzeln an ihrer Stelle positiv geotrop ihr Wachstum fort.

Über die Regeneration als Mittel zur vegetativen Vermehrung s. o. S. 154.

10. Infektionskrankheiten, Parasiten und Schädlinge.

Die Zahl der Parasiten, von welchen die Pflanzen heimgesucht und ausgebeutet werden, ist Legion. Vertreter der verschiedensten Gruppen

des Tier- und Pflanzenreichs finden sich als Schädlinge auf allen unter- und oberirdischen Teilen der Gewächse ein.

Bakterien. — Die Bakterien, welche als Krankheitserreger der Tiere und Menschen eine hervorragende Rolle spielen, sind den Pflanzen gegenüber nur in verhältnismäßig wenigen Fällen pathogen. Bakteriosen verschiedener Art sind namentlich für die Kartoffel beschrieben worden.

Die Bakterien bringen das Gewebe des Wirts zum Zerfall, die Zellen zum Absterben — oder regen den Wirt zu erhöhter Gewebebildung an; *Bacillus tumefaciens* läßt auf Bäumen und Kräutern verschiedener Art ansehnlich große Geschwülste entstehen.

In vielen Fällen spielen die auf kranken oder toten Pflanzenteilen gefundenen Bakterien nicht die Rolle von Krankheitserregern, sondern saprophytisch lebenden Ansiedlern, welche auf Pflanzenteilen, die aus irgendwelchen Gründen abgestorben sind, sich reichlich vermehren und die Zersetzung des Gewebes bewirken oder fördern.

Flagellaten: schwärmende Organismenformen sind den Pflanzen wenig gefährlich, da diesen die flüssigen Gewebe fehlen. Flagellosen sind bisher nur für einige *Euphorbia*-Arten (Wolfsmilchgewächse) bekannt, in deren Milchsaft die Parasiten leben.

Myxomyzeten (Schleimpilze); sie rufen an verschiedenen Pflanzen Krankheiten hervor; vor allen berüchtigt ist *Plasmodiophora brassicae*, die an den Wurzeln des Kohls (*Brassica*) und anderer Kreuzblütler die als „Kohlhernie" bezeichneten Geschwülste hervorruft.

Pilze. Die überwältigende Mehrzahl der durch vegetabilische Parasiten hervorgerufenen Krankheiten der Pflanzen sind Mykosen, d. h. sie werden durch parasitisch lebende Pilze hervorgerufen. Viele Hauptgruppen der Pilze bestehen durchweg aus pflanzenparasitisch lebenden Arten — die Peronosporazeen (falscher Mehltau), die Exoaskazeen, die Mehltaupilze, die Rost- und Brandpilze (Uredineen und Ustilagineen). Namentlich von der Biologie der Rostpilze wird in den nachfolgenden Erörterungen mehrfach zu sprechen sein.

Phanerogamen: Die Zahl der auf Pflanzen parasitisch lebenden Arten ist in unserm Klima gering (Mistel auf Laub- und Nadelbäumen verschiedener Art, *Orobanche*, verschiedene Halbparasiten).

Von dem Tierreich kommen die Klassen der Würmer und Arthropoden in Betracht. Erstere stellen mit den Nematoden (*Tylenchus*, *Heterodera*) eine vielen Pflanzen gefährliche Kategorie von Parasiten. Von den Arthropoden bedrohen in erster Linie die herbivoren Insekten die Pflanzenwelt.

a) Pilze und andere pflanzliche Parasiten.

Infektion und Verbreitung des Parasiten im Wirtsorganismus. — Die Infektion einer Wirtspflanze erfolgt im allgemeinen durch umhäutete Sporen, d. h. auf passive Verbreitung angewiesene Zellen, die durch den Wind, durch Insekten oder durch andere Faktoren auf den Wirt gelangen.

Die Sporen keimem auf ihm, d. h. sie wachsen zu einem umhäuteten ein- oder mehrzelligen Faden aus, der durch die natürlichen Eingangsöffnungen der Pflanzen, die Spaltöffnungen — oder irgendein Trauma benutzend — oder nach Lösung der Zellwände den Weg ins Innere des Pflanzenkörpers findet. Pilze, für welche das lebende Gewebe ihres Wirtes

schwer angreifbar ist, verbreiten sich in der Weise in ihm, daß sie durch ausgeschiedene Stoffe das Gewebe des Wirtes streckenweise vergiften und in dem abgestorbenen Stück sich saprophytisch verbreiten.

Nur die Mehltaupilze leben oberflächlich auf den von ihnen befallenen Pflanzenorganen und sind daher schon makroskopisch als schimmelige Anflüge der Blätter leicht zu erkennen (Rosen-, Hopfenmehltau u. a.). Ihren Nährstoffbedarf zapfen sie dem Wirt durch einzellige Saugorgane ab, die sie in die Epidermiszellen des Wirtes wachsen lassen (Haustorien). Alle andern parasitisch lebenden Pilze verbreiten sich im Innern des Pflanzenorganes; ihre Hyphen wachsen quer durch das Lumen der Zelle oder in den Zellmembranen. Die Produktion von Hyphen kann so reichlich sein, daß die Zellenlumina durch das zwischen ihnen liegende Hyphengeflecht voneinander abrücken, und die infizierte Stelle geschwollen erscheint (Fig. 160).

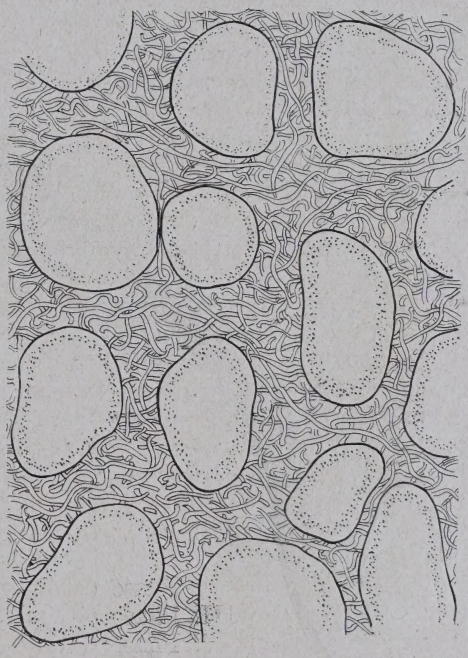


Fig. 160. Durchwucherung eines Pflanzenorganes durch Pilzfäden; zwischen den Zellen starke Bündel von solchen (*Puccinia violae* auf einem Veilchenblatt).

Der Widerstand, den verschiedene Gewebe einem Pilz entgegensetzen, ist verschieden: viele Pilze verbreiten sich den Gefäßen oder Leitbündeln folgend im Pflanzenkörper, andre wachsen durch die Markstrahlen ins Innere des Holzkörpers usw. Für die räumliche Ausdehnung, welche die Verbreitung eines Pilzes erreichen kann, gibt es keine allgemeingültige Regel: in manchen Fällen beschränkt sich die Infektion auf wenige Quadratmillimeter, in anderen Fällen erfaßt sie die ganze Pflanze. Da es der Pflanze an Blutbahnen fehlt, von welchen die Keime der Parasiten getragen und im Körper verbreitet werden könnten, verbreitet sich ein Pilz in seinem Wirt nicht anders als durch Wachstum. Der Mutterkornpilz (*Claviceps purpurea*) beschränkt sich auf die Körner des Roggens, der Maisbrand (*Ustilago maydis*) auf große oder kleine Teile der Blätter und Blütenstände. Andre Brandarten durchwuchern die ganze Pflanze. Ja, das Myzel kann sogar von einer Pflanze bis zu den benachbarten Individuen sich ausbreiten und die Infektion immer weiter tragen (Myzelinfektion durch *Trametes radiciperda*, Rotfäule vieler Nadel- und Laubbäume). —

Viele Pilze überwintern in ihrem Wirt, ihr Myzel ist vieljährig. Bei einjährigen Gewächsen und dann, wenn von dem Pilze die Blätter laubwechselnder Bäume besiedelt werden, ist der Parasit einjährig. Spätestens vor Abschluß der Vegetationsperiode kommt es zur Bildung neuer Sporen. Wenn diese allseits im Gewebe des Wirtes eingebettet liegen, so werden sie erst bei Zerfall und Vermoderung des letzteren frei; so steht es z. B. um die

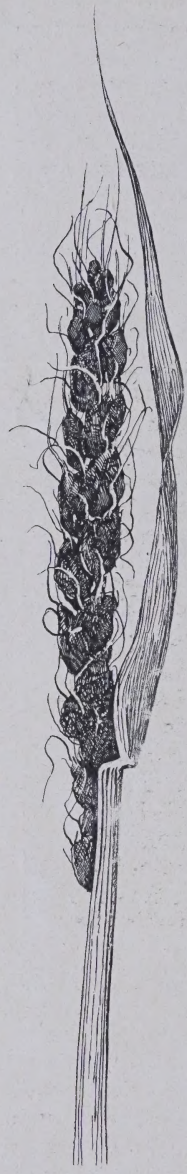


Fig. 161. Sporenbildung eines parasitischen Pilzes: sämtliche Körner der Roggenähre sind von *Ustilago secales* durchwuchert und in schwarze Sporenmassen umgewandelt.

Oosporen der Peronosporazeen, auch um die Sporen der *Plasmodiophora*. In andern Fällen entstehen die Sporen so reichlich, daß die über ihnen liegenden Gewebeschichten des Wirtes von ihnen gesprengt werden, und die Aussaat des Pilzes durch den Wind besorgt werden kann (Sporenlager der Brand- und Rostpilze, Fig. 161 u. 162). In noch anderen Fällen wachsen die fruktifizierenden Hyphen des Pilzes durch die Spaltöffnungen aus dem Wirtsorgan heraus und produzieren außerhalb des letzteren ihre Sporen.

Beginnt der Pilz schon frühzeitig genug mit der Sporenbildung (Sommersporen der Rostpilze), so können in einer Vegetationsperiode mehrere Pilzgenerationen sich entwickeln. Der „Ausbruch" der Pilzkrankheit, d. h. das Erscheinen der Sporenmassen an der Oberfläche des Wirtsorgans wird zeitlich durch Witterungs- und andere Umstände festgelegt. Bei *Peronospora* (auf *Vitis*) setzt der Ausbruch die Benetzung der Rebenblätter mit Wassertropfen voraus.

Schlecht ernährte Individuen, deren mechanische Gewebe unvollkommen entwickelt sind, und deren Epidermen zarte Wände und schwache Kutikula behalten haben (Hypoplasie s. o. S. 210), sind dem Angriff der Parasiten stärker ausgesetzt als gesunde, starke, an dickwandigen Zellen reiche Individuen.

Junge Gewebe und junge Organe sind dem Angriff der Parasiten stärker ausgesetzt als alte. Statistische Angaben liegen für *Ustilago avenae* vor. Bringt man die Keimlinge des Hafers mit Ustilagokonidien in Berührung, so unterliegen in der

I. Phase (die Knospe tritt gerade am Korn heraus)	17—20 %
II. Phase (Keimlinge 1 cm lang)	7—10 %
III. Phase (Keimlinge 2 cm lang)	2 %
IV. Phase (ältere Keimlinge mit bereits durchstoßenem Scheidenblatt)	0—1 %

der Infektion.

Die Frage, ob bei diözischen Pflanzen die männlichen oder weiblichen Exemplare den Parasiten leichter unterliegen, ist bisher kaum geprüft worden. Bei *Trinia glauca*, einer diözischen Umbellifere, werden beide Geschlechter von einer nicht näher bekannten Pilzkrankheit befallen; die männlichen Exemplare zeigen kurz vor und während der Blütezeit eine sehr viel höhere Morbidität und Mortalität als die weiblichen (Mortalität 1 weiblich: 19 männlich; Correns). —

Anpassung der Parasiten an die Wirte. — Im allgemeinen befallen bestimmte Pilze immer nur bestimmte Wirtspflanzen — entweder sehen wir sie stets auf derselben Art erscheinen oder auf Angehörigen derselben Gattung oder — dieser Fall ist sehr häufig — auf verschiedenen zu derselben Familie gehörigen Gattungen.

Die übereinstimmende chemische Qualifikation nahe verwandter Gattungen ist ohne Zweifel die Ursache dieser Art der Spezialisierung. Daß sich ein Parasit den Gattungen verschiedener Verwandtschaftskreise gefährlich erweist, ist ein seltener Fall.

Die Anpassung der Parasiten an bestimmte lebende Substrate erklärt es, daß ihre Kultur auf den üblichen Nährböden nicht gelingt oder doch nur für bestimmte Phasen der Entwicklung bisher sich durchführen ließ. Von den im Herbst gebildeten, zur Überwinterung tauglichen „Teleutosporen" der Rostpilze ist bekannt, daß sie Keimung und erste Entwicklungsphasen unabhängig von lebenden Wirten auf feuchtem Erdreich und auch auf künstlichen Substraten erledigen; desgleichen lassen sich

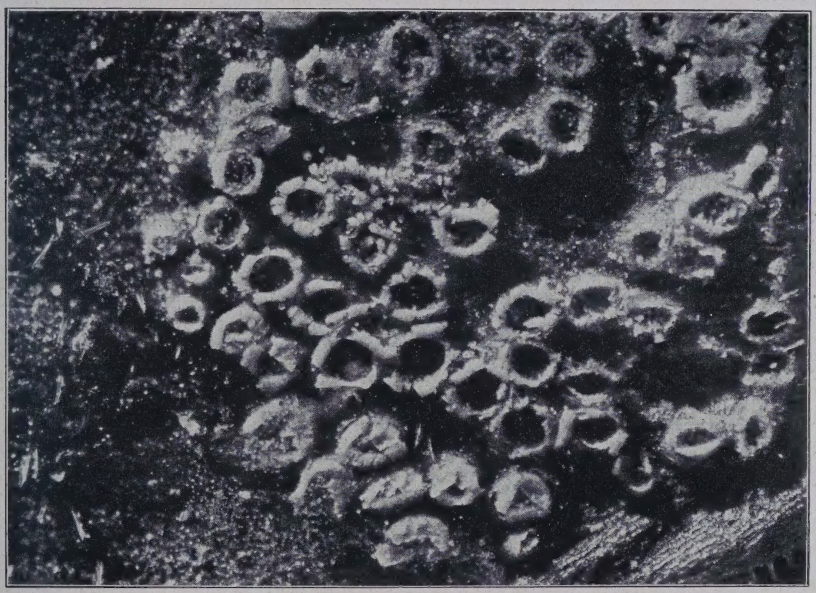


Fig. 162. Sporenbildung eines parasitischen Pilzes: Entwicklung sporenerfüllter Näpfchen (Äzidien), welche die Epidermis des Wirtsorganes gesprengt haben und auf dessen Oberfläche schon makroskopisch deutlich sichtbar sind. (*Puccinia violae.*)

Keimung und erste Entwicklungsstadien der Brandpilze auf zuckerreichen Nährböden leicht erzielen. Inwieweit faulende Massen der Entwicklung anderer Pflanzenparasiten wenigstens zeitweilig oder vorübergehend Vorschub leisten oder auf sie konservierend wirken, wie es für tierpathogene Keime bekannt ist, bedarf der näheren Untersuchung.

Wirtswechsel — eine von tierpathogenen Parasiten (Malariaplasmodien, Eingeweidewürmern) her bekannte Erscheinung — spielt bei vielen Rostpilzen seine Rolle. Die den Getreidearten gefährlichen *Puccinia graminis*, *Puccinia dispersa* usw. und viele andere Rostpilze sind heterözisch, d. h. sie benötigen zur vollkommenen Erledigung ihres Entwicklungsganges zwei verschiedener Wirte oder Wirtsfamilien: *Puccinia graminis*, der Schwarzrost, erledigt eine Hälfte seiner Entwicklung auf Roggen, Weizen oder anderen Gramineen, die andere auf Berberitze; *Puccinia dispersa*, der Braunrost,

wechselt zwischen Roggen und Ochsenzunge (*Anchusa*) usf., während der nahe verwandte Gelbrost (*Puccinia glumarum*) nur einer Wirtsform, der Gramineen, vornehmlich des Weizens, benötigt. Bisher ist Heterözie nur für Rostpilze bekannt geworden.

Bei den *Puccinia*-Arten, welche auf mehr als einer Gramineengattung ihr Fortkommen finden, ist man auf eine merkwürdige Art der Spezialisierung aufmerksam geworden: es ist bei ihnen zwischen mehreren spezialisierten Formen („*formae speciales*") zu unterscheiden, d. h. zwischen Unterarten, die sich formal durchaus gleichen, physiologisch aber dadurch von einander unterscheiden, daß sie verschiedene Gramineen als Wirtspflanzen wählen. Von *Puccinia graminis* lassen sich nach den in Schweden angestellten Untersuchungen sechs „*formae speciales*" unterscheiden:

f. sp. tritici auf Weizen, nicht scharf fixiert und gelegentlich auch auf Roggen, Gerste und Hafer,
f. sp. secalis an Roggen, Gerste und Quecke u. a.,
f. sp. avenae an *Avena elatior*, *Dactylis*, *Milium* usw.,
f. sp. poae an *Poa*,
f. sp. airae an *Aira*,
f. sp. agrostis an *Agrostis* —

derart, daß z. B. die auf Weizen entstandenen Sommersporen nur Hafer, aber nicht die andern Getreidearten anstecken können.

Merkwürdigerweise stimmt die in Nordamerika vollzogene Entwicklung der Spezialformen nicht in allen Stücken mit der für Schweden konstatierten überein.

Es gibt keine pflanzenschädigenden Pilze, welche auf einen tierischen Organismus als Zwischenwirt angewiesen wären. Die Konidien von *Claviceps purpurea* werden zwar durch Insekten verschiedener Art verbreitet, diese spielen aber nicht die Rolle von Zwischenwirten. —

Die Wirkungen der Parasiten auf den Wirt bestehen zunächst in Stoffverlust seitens der vom Pilz ausgesogenen Zellen. Von allen Seiten werden Stoffe in vielen Fällen so reichlich an die Infektionsstelle herangeführt, daß nicht nur eine Stoffverarmung der infizierten Teile ausbleibt, vielmehr eine starke Stoffhäufung an diesen eintritt. Werden die infizierten Zellen durch die Wirkungen des Parasiten und die der Infektion folgende Stoffzufuhr zu besonderen Wachstumsleistungen angeregt, so entstehen Wucherungen, die als Gallen (oder Zezidien) bezeichnet werden. Pilzgallen (Mykozezidien), d. h. die durch Pilze hervorgerufenen Wachstumsprodukte, sind namentlich nach Infektion durch Brandpilze sehr auffällig. Der Beulenbrand des Mais (*Ustilago maydis*) hat seinen Namen nach den großen, sporenerfüllten Beulen, die er vornehmlich nach Infektion der weiblichen Blütenstände hervorruft; bei der Reife platzen sie auf und schütten eine ungeheure Masse schwarzen Sporenstaubes heraus; von dem Gewebe des Wirtsorgans selbst ist fast nichts mehr übrig geblieben.

Exoascus pruni ruft auf Pflaumenbäumen die sog. Narrentaschen hervor, d. h. unvollkommen entwickelte steinkernlose Pflaumenfrüchte; viele Rostpilze lassen an ihren Wirten, an Blättern und Achsen, ansehnliche, polster- oder spindelähnliche Verdickungen entstehen.

Mykozezidien dieser und ähnlicher Art werden als histioide bezeichnet, da sie durch Produktion abnormer Gewebe zustandekommen. Organoide Pilzgallen sind durch abnorme Organproduktion, die der Parasit anregt, gekennzeichnet. Verschiedene *Exoascus*-Arten rufen an

Kirschbaum, Birke u. a. Verzweigungsanomalien hervor, die als faustgroße bis meterhohe, dichte Besen von dem normalen Sproßsystem des Wirtes sich deutlich abheben (sog. Hexenbesen). Ein auf *Euphorbia cyparissias* wachsender Rostpilz (*Uromyces pisi*) verändert die von ihm durchwucherten Sprosse bis zur Unkenntlichkeit (vgl. Fig. 163): die Blätter werden dick und rundlich, die Achse bleibt unverzweigt, die Blütenbildung bleibt aus. *Ustilago antherarum*, welche die Blüten einer zweihäusigen Nelke (*Melandrium rubrum*) infiziert, wirkt auf die Organbildung der männlichen Blüten, deren Antheren sie mit Sporen erfüllt, nicht ein; die weiblichen Blüten aber veranlaßt der Pilz zur Produktion männlicher Geschlechtsorgane, so daß abnormerweise hermaphrodite Blüten entstehen, deren männliche Geschlechtsorgane allerdings mit Sporen erfüllt und unfruchtbar sind. — Von andern *Ustilago*-Arten ist bekannt, daß sie analoge Wirkungen auf die männlichen Blüten ihrer Wirte haben und in ihnen weibliche Geschlechtsorgane entstehen lassen. Vergleichbare Wirkungen aus dem Tierreich sind nicht bekannt. —

Fig. 163. Organoides Mykozezidium: die durch *Uromyces pisi* infizierten Sprosse der *Euphorbia cyparissias* (a) unterscheiden sich im Habitus (geringe Größe der Blätter, Mangel an Seitenzweigen und Blüten u. a.) sehr auffällig von den normalen Trieben derselben Spezies (b).

Es ist nicht ausgeschlossen, daß auch bei den Parasiten der Pflanzen der Grad der Virulenz und mit ihm ihre Wirkungen auf den Wirt wechseln; über Virulenz und die Frage nach der Immunität der Pflanzen s. u.

Sclerotinia Libertiana, welche allerhand Wurzelgemüse (*Daucus*, *Brassica* u. a.) zu fauligem Zerfall bringt, infiziert lebendes, kräftiges Wirtsgewebe dann besonders leicht, wenn die Entwicklung der ersten Stadien durch Verabfolgung organischer Nährlösung unterstützt wird.

Spezifische Unterschiede der Disposition gegenüber parasitisch lebenden Pilzen sind für die verschiedenen Rassen oder Arten unserer Kulturpflanzen bekannt. Namentlich dem Gelbrost gegenüber verhalten sich

verschiedene Rassen des Weizens auffallend verschieden. Der arabische Kaffeebaum, *Coffea arabica*, wird durch den Rostpilz *Hemileia vastatrix* sehr geschädigt; die afrikanische Kaffeeart, *Coffea liberica*, widersteht dem Pilz.

Die Heftigkeit, mit der eine Pilzkrankheit auftritt, wechselt innerhalb weiter Grenzen. Man spricht von „Rostjahren", d. h. von Jahren, in welchen das Getreide durch besonders starke Uredineenentwicklung geschädigt wird. Selbst widerstandsfähige Rassen können in Jahren starker Infektion sehr geschädigt werden. Epidemien, welche eine Reihe von Jahren gewütet haben, flauen ab, ohne daß sich sagen ließe, ob meteorologische und klimatische Faktoren oder wechselnde Qualitäten der Parasiten, ihre Virulenz, ihre Fruchtbarkeit usw. den Ausschlag geben.

Zwischen der Infektion der Getreidearten durch Rostpilze und dem Ausbruch der neuen Sporen pflegt eine wechselnde Zahl von Wochen oder Monaten zu verstreichen; man kann diese Frist mit der Inkubationsdauer der tierpathogenen Mikroorganismen vergleichen. Niemals aber werden kurzbefristete Termine bei den Pflanzen so streng innegehalten wie bei vielen Infektionskrankheiten der Tiere.

Noch am besten läßt sich bisher der Ausbruch der *Peronospora* (auf *Vitis*) vorausbestimmen: da der Termin des Pilzausbruchs den einer wirksamen Bekämpfung mit pilztötenden Mitteln (s. u.) bestimmt, hat die Aufstellung eines „Inkubationskalenders" der Praxis der Mehltaubekämpfung bereits gute Dienste geleistet.

Erbliche Mykosen sind solche, bei welchen auch die Samen der pilzkranken Individuen von den Pilzen besiedelt werden derart, daß die junge Keimpflanze von Anfang an bereits pilzkrank ist. *Lolium temulentum*, der Taumellolch, enthält in seinen Früchten einen Pilz, der den Keimling in den ersten Stadien seiner Entwicklung infiziert, die heranwachsende Pflanze vollkommen durchwuchert und schließlich die neuen Früchte wieder besiedelt. Seit vielen hundert Generationen erneuert sich die Infektion der *Lolium*-Pflanzen, ohne daß der Wirt durch den Pilz irgendwelche Schädigung erfährt. Nur selten werden pilzfreie Körner gefunden, die durch irgendwelche Zufälle der Infektion entgangen sind.

Der Flugbrand des Weizens (*Ustilago tritici*) verhält sich insofern ähnlich, als auch er mit den Körnern des Wirtes sich verbreitet. Sporen des Pilzes trägt der Wind auf die Narben des blühenden Weizens; dort keimen sie, treiben ihre Keimschläuche auf demselben Wege, den sonst die keimenden Pollenschläuche nehmen, bis zu den Samenanlagen und infizieren diese. Es entsteht ein reifes, keimfähiges Korn, das den Keim der Krankheit in sich birgt und eine brandkranke Pflanze entstehen läßt.

Auch die Rostpilze der Getreidearten sollen sich erblich von einer Generation zur andern verbreiten können. Myzelanteile sind zwar in den Körnern der Wirtspflanzen nicht erkennbar. Einige Forscher nehmen aber an, daß das Protoplasma des Parasiten mit dem des Wirtes gemischt („Mykoplasma") in den Zellen der Körner lebe; nach der Keimung trenne sich das Pilzplasma von dem Wirtsplasma und lasse neues umhäutetes Myzel entstehen (Eriksson); die Theorie hat bisher wenig Beifall gefunden.

Parasitismen besonderer Art. — Die Flechten sind (s. o. S. 115) Symbiosen, in welchen sich eine Pilzspezies mit einer Algenspezies vereinigt. Die Annahme, daß es sich bei ihr um eine „mutualistische" Symbiose handele, d. h. um eine zu beiderseitiger Förderung führende Form der Lebensgemein-

schaft — verliert dadurch an Wahrscheinlichkeit, daß der Pilz die mit ihm verbundenen Algen vernichten und ihres Zellinhalts durch eine Art Verdauung berauben, in andern Fällen sie in ihrer Entwicklung hemmen kann.

Die Symbiose, die zwischen den Wurzeln der Leguminosen und dem *Rhizobium radicicola* besteht (s. o. S. 116), hat (nach Hiltner) verschiedenen Charakter je nach der Widerstandsfähigkeit des Wirtes und der Virulenz der Bakterien. Dringen schwach virulente Bakterien in die Wurzeln ein, so werden nur vorübergehend Knöllchen erkennbar und die Eindringlinge von den Wirtszellen verdaut; geraten virulente Mikroben zu schwachen Wirtsexemplaren, so hält sich der Parasit in diesen, und es kommt zur Bildung von Knöllchen (s. o.), ohne daß dem Wirt ein Stickstoffprofit möglich wäre. Zwischen beiden Extremen liegen diejenigen Fälle, in welchen es zur Knöllchenbildung, später zur Stickstoffausnützung durch die Wirtspflanze kommt.

Bei den Mykorrhizen der Orchideen handelt es sich um symbiotische Vereinigung von Pilzen mit den Wurzeln höherer Pflanzen: jene dringen vom Boden in die Zellen der Wurzeln ein, verbreiten sich in diesen und werden schließlich in bestimmten Gewebslagen der Wurzeln als knäuelartige Gebilde gefunden, die das Lumen der Zellen unvollkommen erfüllen. In den Mykorrhizen lebt ebenso sehr der Pilz parasitisch in den Zellen der Orchideen wie letztere parasitisch auf den Pilzen — das letztere gilt für diejenigen Wirtszellen, welche den in ihnen liegenden Pilz schließlich lösen und verdauen — ein auf gegenseitige Ausnützung gerichtetes Verhältnis.

Chemische Schutzmittel der Pflanzen. — Mag auch der Pflanzenkörper durch die im allgemeinen saure Reaktion seines Zelleninhalts gegen viele (alkaliliebende) Bakterien geschützt sein, so kommt andrerseits jene den Bedürfnissen der ihnen so gefährlichen Pilze entgegen. Die bei den höheren Pflanzen weit verbreiteten, in vielen Arten sehr reichlich auftretenden Gerbstoffe betrachten manche Autoren als antiseptisch wirkende Schutzmittel der Pflanze.

Vielleicht wird auch die ungleiche Widerstandsfähigkeit, welche verschiedene Arten oder verschiedene Varietäten demselben Pilz gegenüber erkennen lassen (s. o.), auf chemische Unterschiede zurückzuführen sein; über den chemischen Charakter der Stoffe, welche die Rolle der Schutzstoffe zu übernehmen imstande wären, ist freilich nichts bekannt. Von manchen Birnbaumvarietäten wissen wir, daß sie die auf ihren Ästen sich entwickelnden Mistelkeime zum Absterben bringen.

Ob und inwieweit aktive Immunisierung bei Pflanzen auftreten kann, bedarf noch der Erforschung. Für Leguminosen ist angegeben worden, daß der Besitz tätiger Wurzelknöllchen die Wirtspflanze vor weiterer Infektion durch die gleichen Bodenbakterien schützt, soweit nicht die Virulenz der neu eindringenden die der bereits vorhandenen übertrifft (Hiltner). Nach Neger wirken Infektionskrankheiten, die aus fremden Erdteilen zu uns eingeführt werden, auf die ihnen zugänglichen europäischen Arten besonders verderblich: seit ungefähr 10 Jahren überzieht der Eichenmehltau einer amerikanischen *Microsphaera* die Eichen unsrer heimatlichen Wälder mit dichtem, weißen Belag, während die amerikanischen Eichen fast völlig verschont bleiben — nach Neger deswegen, weil die einheimischen Arten noch keine Gelegenheit hatten, nach wiederholter Infektion sich zu immunisieren. Daß auch gegen die von phanerogamischen Parasiten gelieferten Gifte Immunisierung möglich ist, scheint ein von Heinricher

beschriebener Fall darzutun, nach welchem ein Birnenbaum durch Überstehen einer Mistelinfektion aktiv immunisiert wurde.

Alle diese Fragen bedürfen noch eingehender Untersuchung.

Stoffe, die den Lysinen des tierischen Organismus, und Vorgänge, die der Phagozytose vergleichbar wären, sind bisher nur für die soeben genannten Formen parasitärer Symbiose bekannt.

Histogenetische Schutzmittel. — Die Bildung von Mykozezidien bedeutet eine Reaktion des Wirtsorganismus, die der Entwicklung der Parasiten Vorschub leistet (s. u. Tiergallen). Andererseits fehlt es nicht an Gewebebildungsprozessen, durch welche der Wirtsorganismus Infektion und Ausbreitung des Parasiten hemmt. Außer der Wundkorkbildung (s. o.), durch welche an physiologischen und pathologischen Wunden eine für viele Parasiten schwer durchlässige Schicht erzeugt wird, kommt vor allem die Erscheinung des Längenwachstums infizierter Pflanzen in Betracht, durch welche die Hyphenstränge des Parasiten zerrissen, der Pilz lokalisiert und die Vegetationspunkte parasitenfrei erhalten werden (*Ustilago avenae* auf Hafer, *Ustilago Sorghi* auf Hirse u. a.). Wird das Längenwachstum irgendwie gehemmt, so verlieren die Vegetationspunkte die Möglichkeit, durch Wachstum der Achsen dem Angreifer zu entfliehen und werden von diesem eingeholt und infiziert.

Prophylaxe und Therapie. — Die wichtigsten prophylaktischen Maßnahmen bestehen für die Kulturgewächse vor allem in der Bevorzugung widerstandsfähiger Varietäten, in Beseitigung aller die Infektion begünstigenden Umstände und in der Desinfektion des Saatgutes: Kartoffeln und Getreidekörner mit heißer Luft (ca. 60°), mit heißem Wasser (56°), Sublimat- (1‰) oder Kupfersulfatlösung (5‰), mit Formalin (die käufliche ca. 40 proz. Formaldehydlösung auf das 300fache mit Wasser verdünnt) oder Bordeaux- (oder Bordelaiser) Brühe (2 kg $CuSO_4$ und 2 kg frisch gebrannter Kalk in je 50 l Wasser zu lösen oder zu verrühren, dann zu mischen) oder ähnlichen fungiziden Mitteln.

In der Therapie dient dieselbe Bordeauxbrühe namentlich zur Behandlung des Rebstocks. Aufgestreutes feines Schwefelpulver läßt geringe Menge schwefliger Säure entstehen, welche oberflächlich lebende Pilze (Mehltau) töten (Bekämpfung des Rosenmehltau, s. o. S. 227); dieselbe Wirkungsweise kommt dem Schwefel in der Therapie der Menschen (Mykosen der Haut) zu. —

Die Widerstandsfähigkeit der Pilzsporen gegen hohe Temperaturen ist gering. Auch Trockenheit wird von vielen schwer ertragen: Wintersporen des Schwarzrostes, die mit dem Stroh in die Scheune gelangen, verlieren bis zum Frühjahr durch Austrocknen ihre Keimfähigkeit, während die im Boden überwinternden sie bis zum folgenden Sommer behalten. Keimende Sporen sind unter allen Umständen leichter zu vernichten als ruhende. —

Die Sporen des Myxomyzeten *Plasmodiophora* halten sich im Boden jahrelang lebendig. Um das Wiederauftreten der Krankheit zu verhindern, darf man auf infizierten Feldern 4—6 Jahre lang keinen Kohl, auch keine andern Kruziferen bauen und muß sogar darauf achten, daß Unkräuter aus derselben Familie, deren Wurzeln der Pilz ebenfalls befallen könnte, fernbleiben. —

Ebenso wie tierpathogenen Parasiten gegenüber spielt auch bei der Bekämpfung heterözischer Pflanzenschädlinge die Vernichtung des Zwischen-

wirtes eine wichtige Rolle. Man bekämpft die Berberitze, um das Getreide vor dem Schwarzrost zu bewahren. In Schweden wird durch staatliche Gesetze die Berberitze den mit Getreide bebauten Stätten ferngehalten.

Beziehungen der Parasiten zum Menschen. — Die durch Parasiten an Pflanzen hervorgerufenen Mißbildungen sind schon wiederholt nicht nur auf ihre formalen Eigenschaften hin mit den malignen Neubildungen des Menschen verglichen, sondern auch ganz unberechtigterweise zur Klärung der Ätiologie der Karzinome herangezogen worden. Die Kohlhernie der *Plasmodiophora brassicae* hat höchstens äußerlich und in der deletären Art, auf den erkrankten Organismus zu wirken, einige Ähnlichkeit mit malignen Neubildungen der Menschen. Injizierte Sporen der *Plasmodiophora* haben niemals zur Karzinombildung geführt. —

Die Frage, ob es irgendwelche Pflanzenparasiten gibt, die dem Menschen in der einen oder andern Weise gefährlich werden können, haben Magnus und Friedemann positiv beantwortet: der auf Rüben verschiedener Art (*Beta, Daucus*) und anderen vegetabilischen Objekten Gewebewucherungen veranlassende *Bacillus tumefaciens* (s. o.) ruft beim Menschen Darmerkrankungen und Störungen anderer Art hervor. Infektion beim Genuß roher Rüben, vielleicht auch auf anderm Wege, dürfte durchaus im Bereich des Möglichen liegen. Durch Tierpassage verliert der *Bacillus tumefaciens* seine Virulenz für Pflanzen und läßt keine Geschwülste mehr an ihnen entstehen.

Ein sehr gefährlicher Krankheitserreger, der Menschen und Tieren von der Pflanzenwelt her bedroht, ist *Actinomyces* (Strahlenpilz). Namentlich auf Getreideähren ist er — als Parasit oder Saprophyt — weit verbreitet; beim Zerbeißen von Körnern oder Grannen gerät er in die Mund- oder Rachenhöhle und ruft hier, an den Mandeln, im Darm oder anderwärts Eiterungen oder Gewebeverhärtungen hervor („Holzgeschwulst"). Namentlich auf dem Lande ist Aktinomykose („Erntekrankheit") weit verbreitet. Keinesfalls aber spielen die Getreidepflanzen die Rolle eines für die Entwicklung dieses oder irgendeines andern für Menschen pathogenen Pilzes unerläßlichen Zwischenwirtes. Es ist überhaupt kein tierpathogener Parasit bekannt, welcher auf vegetabilische Zwischenwirte angewiesen wäre.

Die Hauptbedeutung für den Menschen bekommen die Parasiten der Pflanzen dadurch, daß sie seine wichtigsten Nahrungsmittel dezimieren.

Für den Menschen giftige Pflanzenparasiten sind *Claviceps purpurea* und der Lolium-Pilz (s. o.).

b) Tierische Parasiten der Pflanzen.

Lebensweise der Parasiten. — Die unübersehbar große Zahl pflanzenfressender Tiere, die in allen Klimaten Pflanzen aller Art schädigen und vernichten, bietet für die Pathobiologie eine sehr viel geringere Ausbeute an bemerkenswerten Aufschlüssen über das Zusammenleben von Schädigern und Geschädigten als die Lehre von den pflanzlichen Parasiten. Sehr viele tierische Schädlinge nähern sich den Pflanzen nur, um ihren Hunger zu stillen, um wahllos die ganze Pflanze abzuweiden oder sich mit Pflanzenteilen besonderer Qualität — den zarten Teilen der Blätter, jugendlichen Sproßanteilen, weichen Blütenorganen, süßem Honig, stärke-, fett- und eiweißreichen Körnern zu versehen, ohne daß es dabei zur Entwicklung irgendwelcher festen Beziehungen zwischen dem Tier und der Pflanze käme.

Einige an seßhafte Lebensweise angepaßte Gruppen von Schädlingen sind z. B. die phytophagen Milben, die in den behaarten Stellen vieler Blätter (Milbenhäuschen, Akarodomatien) oder an andern Teilen der Pflanze ihr Leben verbringen, — die Aphiden (Blattläuse), die oft in dicht gedrängten Scharen saftige Pflanzenteile bedecken und durch ihr Saugen vernichten, — und die Minierer, Insektenlarven der verschiedensten Herkunft, die im Innern von Pflanzenorganen leben und große Kammer, lange Korridore und seltsam gewundene Gänge in die Leibessubstanz ihrer Ernährer hineinfressen (Fig. 164, 165).

Fig. 164. Fraßbild eines Blattminierers: *Elachista complanella* auf einem Eichenblatt; die Raupe der Motte hat zuerst einen umständlich gewundenen Gang in die Blattmasse gefressen, hernach einen weiten „Platz" hergestellt. Die Epidermis über diesem ist abgestorben, aber als zusammenhängende Decke über dem larvenbewohnten Hohlraum erhalten geblieben.

Die Wirkung der Phytophagen beschränkt sich entweder auf Trauma und beträchtliche Stoffeinbuße seitens des Wirtes — oder sie äußert sich in einer das Wachstum stark anregenden chemischen Beeinflussung des Wirtes: in vielen Fällen wird dieser durch den Parasiten zur Produktion von Geweben veranlaßt, die sich von den nach einem Trauma gebildeten Wundgeweben (s. o.) quantitativ und qualitativ oft in auffallendster Weise unterscheiden. Pathologische Gewebe dieser Art, sog. Gallen (Zezidien), werden zwar auch durch viele parasitisch lebende Pilze verursacht (s. o.); die von Tieren erzeugten und von Tieren bewohnten Gallen (Zoozezidien) übertreffen aber gewöhnlich die Pilzgallen sehr beträchtlich durch ihren komplizierten Bau.

Zoozezidien entstehen nach Besiedelung durch parasitisch lebende Nematoden, vor allem aber durch die Tätigkeit der Gallmilben (*Eriophyes*-Arten) und vieler Insekten. Von letzteren wiederum sind vorzugsweise Hemipteren (Aphiden), Dipteren und Hymenopteren als Gallenerzeuger wichtig.

Gallen entstehen an Wurzeln und allen oberirdischen Organen der Pflanze und auf Pflanzen der verschiedensten Art, selten auf Kryptogamen, mit Vorliebe auf Holzgewächsen. In unserm Klima sind die Eichen die gallenreichsten Arten — sowohl was die Mannigfaltigkeit der auf ihnen lebenden Gallenerzeuger, als auch die Dichtigkeit der Besiedelung betrifft, die manche Parasiten erreichen.

In gleichem Sinne wie die Pilzgallen sind auch bei den Zoozezidien organoide und histioide zu unterscheiden.

Organoide Zoozezidien wiederholen die schon früher erwähnte Hexenbesenform oder erscheinen als monströs verbildete Blüten.

Die histioiden Zoozezidien haben die Gestalt lokaler Wurzel-, Achsen- und Blattschwellungen oder hängen an ihren Mutterorganen wie selbständige, kugelförmige, linsen-, knopf-, helmförmige oder irgendwie charakteristisch gestaltete Gebilde („Galläpfel"). Beide Gruppen unterscheiden sich nicht nur formal, sondern auch ätiologisch.

Organoide Anomalien können auch unabhängig von irgendwelchen Parasiten durch Eingriffe in die Kontinuität des Pflanzenkörpers, durch Störung der Ernährung u. a. hervorgerufen werden. Anders die histioiden Gallen: sie entstehen nur nach Besiedelung durch die Parasiten und bei dauernder unmittelbarer Berührung mit ihnen. Trotz allen Bemühungen ist es bis jetzt nicht gelungen, Gallen künstlich (durch Injektion verschiedener Stoffe oder durch anders geartete Reizung) hervorzurufen. Bei der Beurteilung ihrer Ätiologie sind wir daher vorläufig auf Vermutungen angewiesen. Der Umstand, daß jedes Gallentier wohlcharakterisierte Gallbildungen eigner Art hervorruft, und auch die auf gleichem Wirte entstehenden Produkte nahe verwandter Tierformen leicht und zuverlässig unterschieden werden können, und andre Erwägungen über die Entstehung der Pilz- und Tiergallen legen die Vermutung nahe, daß spezifische chemische Wirkungen von dem fremden Organismus ausgehen, welche direkt oder indirekt auf den Wirt einwirken.

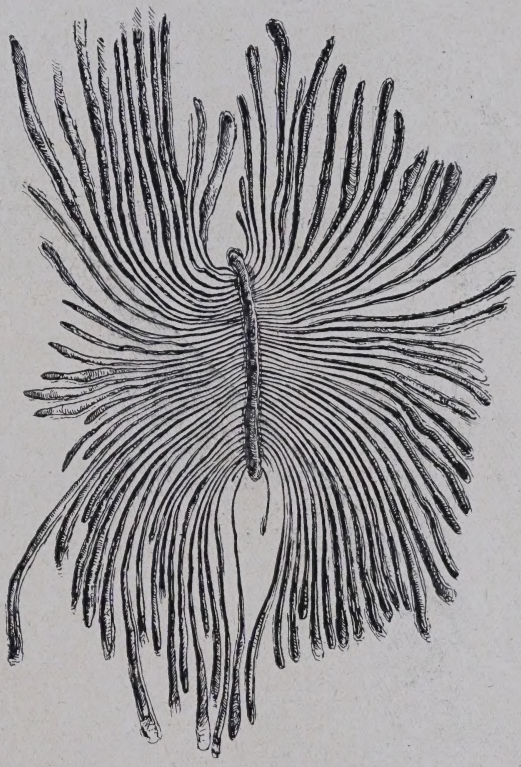


Fig. 165. Fraßbild eines Rindenminierers: Ulmensplintkäfer, *Scolytus Geoffroyi;* zahlreiche Larven haben von einem Zentrum aus strahlenförmig angelegte Gänge in die Rinde gefressen.

Die kompliziertesten Gallen entstehen nach Besiedelung durch Zynipiden (Gallwespen, Hymenopteren). Sie bestehen aus parenchymatischem, zart- oder dickwandigem Gewebe und umschließen eine oder mehrere Larvenkammern. Rings um diese ist das Gewebe der Galle zartwandig und gefüllt mit Eiweiß und Stärke. Nach außen folgt meist ein aus Steinzellen gebildeter Mantel, der der Galle einen hohen Grad von Festigkeit gibt; noch weiter nach außen ist das Gewebe gewöhnlich wieder zart und oft sehr stärkereich. Die Epidermis besteht gewöhnlich aus dickwandigen Zellen, ist arm an Schließzellen und trägt zuweilen auffallend geformte Haare. Diese und manche andre Gewebeform der Gallen bekommen dadurch besonderes Interesse, daß sie den normalen Organen der Wirtspflanze fremd sind und ausschließlich unter der Einwirkung bestimmter Parasiten entstehen.

Alle Gewebe der Gallen sind gewöhnlich sehr reich an Gerbstoffen. Alle technisch verwertbaren Gallen sind histioide Erzeugnisse von Zynipiden oder Aphiden, die durch ihren Reichtum an Gerbstoffen dem Menschen wertvoll werden.

Die Larven verbringen mehrere Wochen oder Monate in den Gallen. Viele überwintern noch in ihnen und verlassen sie erst im folgenden Frühjahr. Sie beißen ein Flugloch in die Gallenwand oder werden dadurch in Freiheit gesetzt, daß die Galle spontan einen Deckel abwirft, der die Larvenkammer freimacht oder ein spundähnliches Loch entstehen läßt.

Fig. 166. Zoozezidien: kegelförmige Galle des *Pemphigus bursarius* auf dem Stiel eines Pappelblattes; entstanden durch Umwallung der Parasiten.

Viele Zynipiden entwickeln in einem Jahr zwei Generationen, die an demselben Wirte (Eiche) zwei ganz und gar verschiedene Gallenformen erzeugen — eine parthenogenetische (agame) und eine geschlechtliche Generation. *Neuroterus lenticularis* (parthenogenetische Generation) erzeugt im Sommer kleine, die Eichenblätter dicht bedeckende, linsenförmige Gallen, während die zugehörige geschlechtliche Form, *Neuroterus baccarum* (= *Spathegaster baccarum*) im Frühjahr kugelige, saftig grüne, beerenähnliche Gallen auf Blättern und männlichen Blütenständen erzeugt. Verschiedene Namen haben die beiden Generationen noch von jener Zeit her behalten, zu der man sich über Zusammengehörigkeit der beiden Gallen- und Insektenformen noch unklar war.

Die Gallmilben (Eriophyiden) sind auf der einheimischen Flora weit verbreitet. Sie erzeugen organoide Gallen verschiedenster Art, vor allem aber beutelähnliche Ausstülpungen an den Blättern der Laubbäume (*Tilia*, *Alnus*) und „Filzgallen". Letztere erscheinen als weiße oder rötliche, krümelige oder schneeig-kristallinisch glänzende Überzüge an den Blättern der Linde, der Erle, der Buche u. v. a. und bestehen aus dichten Haaren, zu welchen die Epidermiszellen an den eng umschriebenen Infektionsfeldern der Spreiten ausgewachsen sind. Manche Filzgallen bestehen aus kräftigen zylindrischen, andere aus abenteuerlich pilzhutförmigen Haaren. Man glaubte in ihnen früher einen Pilz zu erkennen („*Erineum*") und bezeichnet sie daher noch als Erineumgallen.

Jugendliches Gewebe ist — wie den pflanzlichen Parasiten — so auch den Angriffen der Tiere in viel höherem Maße ausgesetzt als alterndes und reagiert viel stärker auf Infektionen als dieses. Gallen werden (von einigen wundgewebeartigen Formen abgesehen) überhaupt nur an noch wachstumsfähigen Geweben gebildet. —

Spezifische Dispositionen spielen auch gegenüber tierischen Parasiten eine große Rolle. Manche Sorten des Apfelbaums (z. B. roter Eiserapfel, Königlicher Kurzstiel usw.) widerstehen der Blutlaus (*Myzoxylus laniger*), andere unterliegen ihr. Von größter praktischer Bedeutung ist die unterschiedliche Widerstandsfähigkeit verschiedener *Vitis*-Arten gegenüber der Reblaus (*Phylloxera vastatrix*): der europäische Rebstock (*Vitis vinifera*) wird durch die Wurzelangriffe der Reblaus ruiniert, während die amerikanischen Arten (*V. aestivalis, V. cordifolia*) ihnen widerstehen. Welcher Art die Unterschiede in der histioiden oder chemischen Beschaffenheit der Wurzeln sein mögen, durch welche die ungleiche Resistenz bedingt wird, ist noch unklar.

Fig. 167. Zoozezidien: dünnwandige Beutel durch *Schizoneura lanuginosa* an Ulmenblättern hervorgerufen; entstanden durch starkes lokales Wachstum und beutelartige Ausstülpung der infizierten Blattspreiten.

Abwehrmittel des Wirtes. — Schutz gegen Tierfraß gewähren vielen Pflanzen giftige oder schlecht schmeckende Stoffe, wie der Gerbstoff (s. o.). Freilich fehlt es nicht an „Spezialisten" in der Tierwelt, welche gerade gerbstoffreiche Arten bevorzugen, z. B. der Frostspanner der Obstbäume (*Cheimatobia brumata*) und viele Gallenerzeuger (s. o.). Alkaloide und andere Gifte halten viele Pflanzenfresser den an jenen reichen Pflanzen fern; doch ist die Wirkung der giftigen Pflanzenstoffe auf verschiedene Tiergruppen sehr ungleich; Kaninchen meiden alkaloidreiche Pflanzen, anderen Tieren sind dieselben Gifte gleichgültig. Blattläuse gedeihen auch auf manchen blausäurereichen Pflanzen. Der giftige Milchsaft von *Euphorbia cyparissias* schützt diese vor vielen Tieren; die Raupe des Wolfsmilchschwärmers (*Sphinx euphorbiae*) ist dagegen auf diese Art als Nahrung angewiesen.

Die Raphiden (s. o. Fig. 77c) hat man ebenfalls als Schutzmittel der Pflanzen angesprochen, da sie Schnecken von den mit jenen ausgestatteten Pflanzen abhalten. Ob die Verwundungen, welche die spitzen Kalzium-

oxalatnadeln den zarten Freßwerkzeugen der Tiere beibringen, bereits genügen, um diese abzuschrecken, oder ob giftige Stoffe, welche in die von den Raphiden beigebrachten Stichwunden eindringen, das wesentliche sind, bedarf noch näherer Untersuchung. —

Zuverlässige Anzeichen dafür, daß die Wirte gegenüber tierischen Parasiten Immunität entwickeln können, sind bisher nicht gefunden worden. —

Was die natürliche Bekämpfung der Parasiten durch die Histogenese betrifft, so kommt nur die oben (S. 234) bereits erwähnte Wundkorkbildung in Betracht.

Den Gallentieren gegenüber stehen den Wirtspflanzen keinerlei Abwehrmöglichkeiten zur Verfügung. Im Gegenteil muß auffallen, daß bei vielen Gallen die Wachstumsleistungen der Wirtspflanze und die mit ihnen sich verbindende Stoffanhäufung den Bedürfnissen des Parasiten entgegenkommt und ihrer Entwicklung Vorschub leistet. Auch die komplizierten Öffnungsmechanismen, mit welchen sich manche Gallen betätigen, indem sie zurzeit der Reife ihren Bewohnern spontan einen Ausgang öffnen, haben als besonders förderliche Leistungen der Wirtspflanze die Aufmerksamkeit vieler Forscher in Anspruch genommen, ohne daß es bisher gelungen wäre, diesen „Altruismus" der Wirtspflanze zu „erklären". Auf dem Umwege über die Psychologie hat neuerdings BECHER eine Erklärung für die auffällige „Fremddienlichkeit" zu geben versucht. Er nimmt an, daß die Wirtspflanzen das Wohl und Wehe ihrer Parasiten lustvoll und schmerzlich mitempfinden, und daß diejenigen als „Probier-Reaktionen" gefundenen Wachstumsleistungen des Wirtes, welche dem Parasiten förderlich sind, auch dem Wirte Lustgefühl vermitteln und daher von ihm festgehalten, wiederholt und gesteigert werden. Die Theorie scheint bei den Biologen bisher nur wenig Beifall gefunden zu haben.

Prophylaxe und Hygiene. — Zum Schutz der Pflanzen gegenüber tierischen Parasiten läßt sich nicht viel mehr tun, als die Parasiten von gesunden Pflanzen durch grobe mechanische Mittel fernhalten, ihre natürlichen Feinde unterstützen und erkrankte Individuen als gefährliche Ansteckungsherde beseitigen.

Das Fernhalten geschieht durch Fanggräben, Kalkanstrich und Fanggürtel (Obstbaumstämme), Fanglaternen, Kultur von Fangpflanzen, auf welchen sich die Parasiten sammeln, und die ausgerauft und verbrannt werden, Auslegen von Ködern, Unterpflügen parasitenreicher Stoppeln usw.

Als natürliche Feinde vieler Schädlinge haben Maulwürfe, Vögel (Stare, Geflügel usw.), Fledermäuse, weidendes Vieh, ferner Bakterien (Bekämpfung der *Arvicola arvensis* durch LÖFFLERS Mäusetyphusbazillus) und tierpathogene Pilze (Versuche zur Bekämpfung schädlicher Insekten, Heuschrecken u. a., durch ausgelegte Pilzreinkulturen) zu gelten.

Chemische Mittel, die zu therapeutischen Zwecken auf infizierte Pflanzen, d. h. zur Vertilgung der Insekten aufgetragen werden, sind Ätzkalk, Schwefel, Insektenpulver, Tabakbrühe, Bordelaiser Brühe (s. o.) u. v. a. insektizide Mittel.

Eine großzügige und erfolgreiche Bekämpfung der Reblaus ist in Frankreich eingeführt: sie beruht auf dem Pfropfen europäischer *Vitis*-Reiser auf amerikanischen reblausfesten Unterlagen (s. o.).

Gesetzliche Maßnahmen zur Bekämpfung tierischer Pflanzenschädlinge kannte schon das Altertum (Vernichtung der Wanderheuschrecken, *Oedipoda migratoria*, in Kyrene). In Deutschland bestehen gesetzliche Vorschriften vor allem zur Bekämpfung der Reblaus und der Blutlaus.

Beziehungen zum Menschen. — Es gibt keine tierischen Pflanzenparasiten, die auch dem Menschen gefährlich werden könnten. Auch als Zwischenwirte spielen die Pflanzen keine Rolle in der Entwicklung der für

den Menschen pathogenen Parasiten. Daß Parasiten, welche — ohne Zwischenwirte — durch Kot und Abwässer verbreitet werden, wie durch beliebige andre Nahrungsmittel gelegentlich auch durch Pflanzenkost übertragen werden können, versteht sich von selbst: bei der Verbreitung von Eingeweidewürmern spielen Pflanzen insofern eine Rolle, als durch Behandlung mit Jauche, durch Berührung mit Erde oder bei Entwicklung an unreinen Gewässern an den Vegetabilien leicht Parasiteneier, Spulwürmer (*Ascaris*) und Madenwürmer (*Oxyuris*), hängen bleiben und beim Genuß ungereinigter Gemüse, rohen Fallobstes usw. dem Menschen gefährlich werden können. Die volkstümliche Auffassung, nach welcher die vertrockneten Blütenreste von Apfel und Birne der Sitz von Bandwürmern sein können, ist ungerechtfertigt.

11. Terata.

Als Terata oder Monstra werden botanischerseits makroskopisch leicht wahrnehmbare Mißbildungen der Organe und Organgruppen bezeichnet, deren Ursache nicht ohne weiteres erkennbar zu sein pflegt. Ganz ähnliche Formanomalien, wie sie bei den organoiden Gallen angetroffen werden, treten auch ohne Galleninfektion auf — offenbar unter dem Einfluß abnormer Ernährungsverhältnisse, deren Eigentümlichkeiten nachzugehen schwierig ist. Das als Teratologie bezeichnete Arbeitsgebiet umfaßt hiernach alle diejenigen Befunde, die früher eine zwischen Naturforschung und Kuriositätensammeln vermittelnde Lehre von den „Naturspielen" beschäftigten; die moderne experimentelle Teratologie, welche durch künstliches Hervorrufen der Terata ihre Ätiologie erforschen will, steht noch in den ersten Anfängen.

Fig. 168. Blütenfüllung des Schneeglöckchens (*Galanthus nivalis*).

Am häufigsten und auffälligsten sind die in der **Blütenregion** der Pflanzen auftretenden Monstra; von allen die häufigste ist die Erscheinung der Blütenfüllung. „Gefüllt" nennen wir diejenigen Blüten, welche mehr kronenartige Blattorgane enthalten als die typisch entwickelten Individuen aufzuweisen haben. Nicht nur der Reiz des Absonderlichen, sondern auch die Größe und Pracht der gefüllten Blüten machen diese seit Jahrhunderten und Jahrtausenden zu hochgeschätzten Zierstücken der Gärten (gefüllte Rosen, Nelken, Mohn, Päonien, Fuchsien, Balsaminen, Tulpen, auch Sympetale wie Glockenblumen, Stechapfel usw.). Füllung kommt dadurch zustande, daß Staubblätter sich in Blumenkronblätter verwandeln und noch dazu aus jeder Organanlage durch Spaltung mehr als ein Kronenblatt sich entwickelt (Rose) — oder dadurch, daß als Neubildung neben dem normalen Kronblattkreis ein neues entsteht (Glockenblume). Bei der in Fig. 168

dargestellten Füllung hat die Blattkategorie des inneren Perigonkreises einer Monokotylenblüte starke Vermehrung erfahren. Bei der Füllung der Dahlien, Chrysanthemen und anderer Korbblütler handelt es sich weniger um abnorme Ausbildung der Blüten als um reichere Ausstattung von Blütenständen; bei den gefüllten Exemplaren erscheinen die inneren unscheinbaren Blütchen in Form stattlicher zungenförmiger Blüten, wie sie sich normalerweise nur am Rand des köpfchenförmigen Blütenstandes zeigen.

Fig. 169. Durchwachsung einer Rose. Nach der in Weimar liegenden (farbigen) Handzeichnung Goethes.

Durchwachsung von Blüten liegt dann vor, wenn der Vegetationspunkt eines Sprossen nicht mit der Blütenbildung aufgebraucht wird, sondern nach Produktion der Blütenorgane sein Wachstum in vegetativer Form fortsetzt und es vielleicht noch ein zweites Mal zur Blütenbildung kommen läßt. Nicht gerade selten ist bei der Rose dieser Prozeß zu beobachten; die Blütendurchwachsung kann sich an einem Sproß mehrere Male wiederholen (Fig. 169).

Vergrünung von Blüten liegt dann vor, wenn nicht nur der Kelch, sondern abnormerweise auch andere Organkategorien der Blüte grün und laubblattartig sich entwickelne Als Antholyse wird dir Entwicklung choripetale. Kronen an Stelle sympetaler bezeichnet, ebenso die Bildung apokarper Fruchtknoten an Stelle synkarper.

Von teratologischen Formen der **vegetativen Teile** eines Vegetationskörpers sei erwähnt das Auftreten zweispitziger Blattspreiten, der Aszidien, d. h. schlauch- oder becherartiger Spreiten, und die Verbänderung. Letztere bekundet sich in der Entwicklung band- oder riemenartiger Achsen, die aus stark verbreiterten Vegetationspunkten hervorgehen. Verbänderte Infloreszenzen von *Celosia cristata* („Hahnenkamm") werden als effektvolle Gartenzier geschätzt.

Zweiter Teil.

Spezielle Botanik.

Die spezielle Botanik (vgl. S. 4) geht von der Mannigfaltigkeit der im Pflanzenreich vereinigten Formen und Arten aus; sie sucht die Merkmale der verschiedenen Spezies so vollständig wie nur möglich zu ermitteln und vergleicht diese miteinander, um die einander ähnlichen zu Gattungen (Genera) zu vereinigen und die Gattungen in Klassen oder Familien oder noch größere Einheiten zu vereinigen, d. h. in ein „System" zu bringen.

Diese erste Aufgabe der speziellen oder **systematischen Botanik** wird um so vollkommener gelöst sein, je übersichtlicher das durch vergleichende Betrachtung der Pflanzenformen gewonnene System ist, d. h. je leichter es ist, jede beliebige Pflanze in dasselbe einzureihen oder in ihm zu ermitteln und auf diese Weise mit Sicherheit den Namen der vorliegenden Spezies zu ermitteln. Ein solches praktischen Anforderungen genügendes System läßt sich auf Merkmale der verschiedensten Art begründen, vorausgesetzt, daß sie allen Vertretern der nämlichen Spezies in gleicher Weise zukommen und nicht von einem Individuum zum andern wechseln.

Linné hat in der Ausbildung der Geschlechtsorgane ein zur Begründung eines Systemes hervorragend geeignetes Merkmal gefunden. Wie alle auf ein Merkmal begründeten Systeme hat naturgemäß auch das Linnésche den Nachteil, daß in ihm manche Arten, die in vielen Merkmalen bemerkenswert übereinstimmen, voneinander getrennt und in verschiedenen Klassen des Systems untergebracht werden müssen, da sie in dem zur Grundlage der Einteilung gewählten Merkmal sich voneinander unterscheiden. Systeme, die nur ein Merkmal verwerten, heißen künstliche; das System, das sich aus der Verwertung aller bekannten Eigentümlichkeiten der Arten ergibt, wird das natürliche System genannt, weil es die natürliche Verwandtschaft der Arten und Gattungen und Gattungsgruppen zum Ausdruk bringt.

Von allen künstlichen Systemen ist das 1735 von Linné aufgestellte das bekannteste und bewährteste. Mit Recht sehen in ihm auch heute noch viele ein höchst brauchbares Hilfsmittel zur Einordnung und Bestimmung der Pflanzen, dessen Handhabung nur geringe Kenntnisse voraussetzt.

Linnés „Sexualsystem" nimmt Zahl und Ausbildung der Geschlechtsorgane zur Grundlage und unterscheidet 24 Klassen nach den Qualitäten des Androeceum; die Einteilung der Klassen erfolgt nach den Eigentümlichkeiten des Gynaeceum, vornehmlich nach der Zahl der Stempel, Griffel oder Narben (Digynia, Trigynia usw., Polygynia).

A. Pflanzen mit hermaphroditen (zwitterigen) Blüten und freien Staubgefäßen.

1. Klasse: Monandria — 1 Staubgefäß.

Hierher gehören nur sehr wenige Pflanzen (einige *Chenopodium*-Arten, einige wenige Gräser).

2. Klasse: Diandria — 2 Staubgefäße: Viele Gräser, einige Zyperazeen, die Oleazeen, einige Labiaten (Salbei, Rosmarin).

3. Klasse: Triandria — 3 Staubgefäße: Viele Gräser und Zyperazeen, Iridazeen u. a.

4. Klasse: Tetrandria — 4 Staubgefäße: Einige Rosazeen, *Rhamnus cathartica, Cornus, Plantago.*

5. Klasse: Pentandria — 5 Staubgefäße: Sehr umfangreiche, viele formenreiche Familien umfassende Gruppe (viele Rosazeen, Saxifragazeen, Violazeen, Umbelliferen, Primulazeen, Solanazeen, Borraginazeen, Gentianazeen u. v. a.).

6. Klasse: Hexandria — 6 Staubgefäße: Die meisten Monokotyledonen (Liliazeen, Junkazeen, Kalmus, außerdem Berberitze, *Rumex* und einige andere Dikotyledonen).

7. Klasse: Heptandria — 7 Staubgefäße: Sehr kleine Klasse (Roßkastanie).

8. Klasse: Octandria — 8 Staubgefäße: Polygonazeen, Onagrazeen, Erikazeen. *Acer*; von den Monokotyledonen *Paris.*

9. Klasse: Enneandria — 9 Staubgefäße: *Rheum.*, aus der einheimischen Flora nur *Butomus.*

10. Klasse: Decandria — 10 Staubgefäße: Karyophyllazeen, Erikazeen, *Oxalis, Sedum, Dictamnus* u. a.

11. Klasse: Dodecandria — 12—20 Staubgefäße: *Reseda, Sempervivum, Asarum* u. a.

12. Klasse: Icosandria — 20 und mehr Staubgefäße in epigynen oder perigynen Blüten (vgl. Fig. 60): Rosazeen.

13. Klasse: Polyandria — 20 und mehr Staubgefäße in hypogynen Blüten (vgl. Fig. 60); Ranunkulazeen, Nymphaeazeen, Papaverazeen.

B. Zwitterige Blüten mit ungleichlangen, freien Staubgefäßen.

14. Klasse: Didynamia — zwei lange und zwei kurze Staubgefäße: Als Untergruppen unterscheidet LINNÉ Gymnospermia d. h. solche, deren Früchte zur Zeit der Reife zerfallen (Labiaten) — und Angiospermia, deren Samen in Kapseln oder ungeteilten Schließfrüchten liegen (Skrophulariazeen).

15. Klasse: Tetradynamia — vier lange und zwei kurze Staubgefäße: Kruziferen.

C. Zwitterige Blüten mit verwachsenen Staubgefäßen (Fig. 57b) oder Staubbeuteln (Fig. 122).

16. Klasse: Monadelphia — alle Staubgefäße in ein Bündel verwachsen (Fig. 57b); drei Untergruppen nach der Zahl der Staubgefäße: Pentandria mit 5 (Kürbisgewächse), Decandria mit 10 (viele Leguminosen), Polyandria mit noch mehr Staubgefäßen (Malvazeen).

17. Klasse: Diadelphia — Staubgefäße in zwei Bündel verwachsen. Einteilung ähnlich wie bei der 16. Klasse: Viele Leguminosen.

18. Klasse: Polyadelphia — Staubgefäße in drei oder mehr Bündel verwachsen: *Hypericum, Citrus.*

19. Klasse: Syngenesia — die Staubbeutel sind in eine Röhre verwachsen. Vor allem sämtliche Korbblütler, ferner *Viola, Impatiens* und einige andere.

20. Klasse: Gynandria — Staubfäden und Griffel miteinander verwachsen: Orchideen.

D. Dikline Blüten.

21. Klasse: Monoecia — einhäusige Pflanzen (s. o. S. 44). Einteilung nach der Zahl der Staubgefäße. Viele Nadel- und Laubbäume (Lärche, Kiefer, Fichte u. a., Ulme, Erle, Walnuß, Birke, Buche, Eiche usw.), viele Zyperazeen, Spadizifloren u. v. a.

22. Klasse: Dioecia — zweihäusige Pflanzen (s. o. S. 74): Manche Koniferen (Eibe, Wachholder), Weide, Pappel, Spinat, *Urtica dioica, Mercurialis* usw.

23. Klasse: Polygamia — Pflanzen mit zwitterigen und diklinen Blüten.

E. Pflanzen ohne Blüten.

Als solche spricht LINNÉ sämtliche Angehörige der

24. Klasse: die Cryptogamia an; vgl. jedoch über den Begriff der Blüte das oben Gesagte (S. 43).

Die zweite Aufgabe der systematischen Botanik ist, die „Verwandtschaft" der verschiedenen Pflanzenarten und Pflanzengruppen zu erforschen. Sie begründet sich auf der Voraussetzung, daß die Arten voneinander ab-

stammen, und betrachtet es als ihr Ziel, den Stammbaum aller rezenten und ausgestorbenen Arten zu rekonstruieren und nach seiner Ermittlung ein sie alle umfassendes, „phylogenetisches" System zu schaffen, welches nahe verwandte Formen in Familien und Klassen vereinigt und alle Familien und größeren Gruppen so ordnet, wie es der Entstehung der einen aus der anderen entspricht. Ein diesen Anforderungen entsprechendes System wäre ein Bericht über die natürliche Verwandtschaft der Pflanzen und das „natürliche" System κατ' ἐξοχήν.

Das Ziel, in Form eines Systems eine erschöpfende Darstellung der verwandtschaftlichen Beziehungen zu geben, wird niemals erreicht werden. Sehr viele fossile Arten sind in so unvollkommenen Resten auf uns gekommen, daß wir uns über die unter ihnen bestehenden verwandtschaftlichen Beziehungen kein zuverlässiges Urteil mehr bilden und auch ihre Verwandtschaft mit rezenten Formen nicht mit befriedigender Sicherheit abschätzen können. Selbst die der rezenten Formen zu ermitteln, macht oft unüberwindliche Schwierigkeiten, da der Wert, den die verschiedenen an bestimmten Arten oder Gruppen wahrgenommenen Eigenschaften hierbei haben, oft fraglich und umstritten bleiben muß. Zweifellos werden wir um so klarer in der Frage nach Abstammung und Verwandtschaft sehen, je vollkommener wir nach allen Richtungen die uns zugänglichen Arten erforschen.

Folgende Betrachtungsweisen kommen für die Förderung der systematisch-botanischen Forschung in Betracht:

1. die vergleichend-morphologische und -anatomische Betrachtung — namentlich die vergleichende Analyse der Blüten, die schon Linné als besonders aufschlußreich erkannt hat (s. o.). Sie ist von allen Untersuchungsmethoden am leichtesten durchzuführen, da sie keine anderen Hilfsmittel als Auge und Mikroskop voraussetzt. Ihre Ergebnisse vor allem sind es, welche das den nachfolgenden Seiten zugrunde liegende System geliefert haben, und auf die bei Unterscheidung der Familien und Familiengruppen ständig Bezug zu nehmen sein wird. Wie in der Gestalt der Blütenorgane und den formalen Qualitäten ihrer vegetativen Teile stimmen diejenigen Pflanzen, die wir als Verwandte in einer Gruppe zu vereinigen haben, auch in den Merkmalen ihrer anatomischen Struktur überein — in der Struktur der Achsen, Blätter und Wurzeln, dem Auftreten bestimmter Haare, Drüsen, Kristallformen usw.

2. Die vergleichend-chemische Methode steht erst am Beginn ihrer Entwicklung. Verwandte Formen sind nicht nur formal ähnlich, sondern stehen sich auch in ihrem Chemismus nahe. Das biologische Experiment gibt hierüber Aufschluß, indem es zeigt, daß einander nahestehende Formen miteinander durch Pfropfung verbunden werden können: Transplantate, die von fremden Arten stammen, werden offenbar aus chemischen Gründen von der Unterlage nicht angenommen. Ferner — parasitisch lebende Pilze, die auf mehreren Pflanzenarten angetroffen werden (vgl. V. Kapitel des ersten Teils) zeigen sich stets an verwandte Formen angepaßt, und ähnlich steht es um die Auswahl von Futterpflanzen seitens phytophager Insekten.

Auf breiterer Basis ist das biologische Experiment erst in jüngster Zeit in den Dienst der vergleichend-chemischen Forschung gestellt worden, nachdem man die an Tieren gewonnenen, dem forensischen Blutnachweis nach Wassermann-Schütze-Uhlenhuth zugrunde liegenden Erfahrungen

auf Pflanzen angewandt hat. Wird einem Kaninchen Blut einer ihm nicht verwandten Tierform injiziert, so entsteht in ihm ein Stoff, der mit dem Blut des im Versuch verwendeten fremden Tieres oder einer diesem nahestehenden Art einen Niederschlag gibt, ein „Präzipitin". Das Auftreten und Ausbleiben von Niederschlägen vermag also Aufschluß über den Verwandtschaftsgrad, d. h. über die Übereinstimmungen im Chemismus des Blutes verschiedener Tiere zu geben. Ähnlich wie mit tierischem läßt sich mit pflanzlichem Eiweiß arbeiten. Injiziert man dem Versuchstier Eiweiß einer bestimmten Pflanzenspezies, so entsteht in seinen Blutbahnen ein Stoff, der auf dem Objektträger mit dem aus Pflanzen gewonnenen Eiweiß um so stärkeren Niederschlag giebt, je näher die Pflanze im System der zum Injektionsversuch gewählten Spezies steht.

Da die Leistungsfähigkeit der Methode für die Zwecke der Pflanzensystematik noch strittig ist, mag es genügen, hier auf sie hingewiesen zu haben.

3. Die pflanzengeographische Betrachtung, d. h. die Ermittlung der Verbreitungsareale der Arten und der ihnen zu Gebote stehenden Verbreitungsmöglichkeiten. Läßt sich die Frage beantworten, wo eine Spezies entstanden ist, so wird oft ein Rückschluß auf ihre Stammform und ihre nächsten Verwandten zulässig sein.

* * *

In den nachfolgenden Abschnitten soll nicht nur eine kurzgefaßte Übersicht über das natürliche System gegeben, und eine Auswahl von Vertretern der verschiedenen Gruppen erläutert werden, sondern ist auch den Ergebnissen der **angewandten Botanik** Rechnung zu tragen.

Die angewandte Botanik prüft die Pflanzen auf ihre Verwertbarkeit im Haushalt des Menschen, beschreibt die für den Menschen nützlichen und schädlichen Arten, erforscht ihre Verbreitung, ihre morphologischen und physiologischen Eigenschaften, ihre Lebensbedingungen und die Mittel, die ihrer Vermehrung oder ihrer Bekämpfung und Vernichtung dienen.

Von den vielen Wissenszweigen der angewandten Botanik kommen für die Aufgaben des vorliegenden Buches hauptsächlich vier in Betracht.

1. Die Lehre von den vegetabilischen Nahrungs- und Genußmitteln, wie Brotfrüchten, Gemüsen, Obst (einschließlich Wildgemüse- und Wildfruchtarten), Speisepilzen, Gewürzen usw., ferner denjenigen niederen Gewächsen, welche, wie Hefen, Essigsäurebakterien und andere im Lebensmittelgewerbe eine Rolle spielen.

2. Die Lehre von den Heilpflanzen oder vegetabilischen Drogen, insbesondere von den in der Pharmacopoea germanica genannten. Wie bei den pflanzlichen Genußmitteln, spielen auch unter den Heilpflanzen viele ausländische Arten eine hervorragend wichtige Rolle. Bei Besprechung der einheimischen wird auch der wichtigsten volkstümlichen Heilpflanzen und der homöopathischen Mittel zu gedenken sein. Die Namen der Drogen oder der von ihr hergestellten Galenica werden durch Kursivschrift und Anführungszeichen kenntlich zu machen sein. Die wichtigsten Drogengruppen sind die „*Rhizomata*" (Wurzelstöcke), „*Tubera*" (Knollen), „*Radices*" (Wurzeln), „*Folia*" (Blätter), „*Herbae*" („Kräuter", d. h. alle oberirdischen Teile blühender Pflanzen), „*Cortices*" (Rinden), „*Ligna*" (Hölzer), „*Flores*" (Blüten), „*Semina*" und „*Fructus*" (Samen bzw. Früchte). Unter „*Species*" versteht

man Mischungen von zerschnittenen Blättern und überhaupt zerkleinerten Drogen aller Art.

3. Die Lehre von den Giftpflanzen gewinnt große klinische Bedeutung durch diejenigen giftigen vegetabilischen Produkte, welche als Verunreinigungen wichtiger vegetabilischer Lebensmittel (Mutterkorn, Rade usw.) in den Darmkanal gelangen oder bei Verwechslung mit ungiftigen, eßbaren Vegetabilien genossen werden (Giftpilze) oder gar das Material zu böswilligen Vergiftungen abgeben (Solanazeen). Minder wichtig als die Vergiftung per os sind die schädigenden Wirkungen, die manche Giftpflanzen auf die Haut des Menschen haben. Auch auf einige für die Veterinärpraxis wichtigen Giftpflanzen wird gelegentlich zu verweisen sein. Bei der Behandlung der giftigen und verdächtigen Arten wird meist nur auf die einheimischen einzugehen und auch von diesen oft nur Anführung der wichtigsten und gefährlichsten möglich sein.

Ebenso fließend wie die Grenzen zwischen vegetabilischen Nahrungs- und Genußmitteln einerseits, den Heilpflanzen andererseits sind auch die Grenzen zwischen diesen und den Giftpflanzen, da die Bestandteile der letzteren — in richtiger Zubereitung und Dosierung — viele wertvolle Pharmaka abgeben.

Diejenigen Organismen, welche auf oder im Menschen- oder Tierkörper parasitisch leben und durch ausgeschiedene Stoffwechselprodukte giftig wirken, vereinigt man üblicherweise in einer besonderen Gruppe als

4. pathogene Lebewesen. Die wichtigste Gruppe tierpathogener Organismen entstammt dem Pflanzenreich — die Bakterien. Die tierpathogenen Pilze spielen neben ihnen eine nur untergeordnete Rolle. Dem Mediziner steht zur Belehrung über die tierpathogenen Pflanzen eine Fülle von Literatur zur Verfügung, die seinen besonderen Interessen Rechnung trägt; es wird daher genügen, wenn im vorliegenden Werk über Bakterien und tierpathogene Pilze nur vom Standpunkte des Pflanzenmorphologen und Pflanzenphysiologen gesprochen wird. Von den Flagellaten — über ihre zwischen Tier- und Pflanzenreich vermittelnde Stellung war schon S. 80 zu sprechen — sind nur solche Formen für den Kliniker wichtig, welche den tierischen Protisten sehr viel näher stehen als den pflanzlichen; von ihrer Darstellung wird daher hier ganz abgesehen werden.

Nur ganz kurz wird gelegentlich auf diejenigen vegetabilischen Produkte, die irgendwelche technische Verwertung finden, dann hinzuweisen sein, wenn die Verwendungsart allgemeines Interesse beanspruchen muß und den besonderen Interessenkreisen des Mediziners irgendwie nahesteht. —

Als die beiden Hauptgruppen des Pflanzenreichs unterscheiden wir die samenlosen oder Sporenpflanzen und die mit Samen ausgestatteten Pflanzen (Samenpflanzen), die Kryptogamen und die Phanerogamen.

A. Cryptogamae.

Die Kryptogamen vermehren sich durch Sporen. Als solche werden Fortpflanzungskörper sehr verschiedener Art bezeichnet, deren gemeinsame Merkmale ihre Kleinheit, die Einfachheit ihres Baues und ihre Einzelligkeit sind. In ihrem Inneren ist keine Anlage des künftigen Organismus zu erkennen. Ihre Größe schwankt zwischen Bruchteilen eines Mikromillimeters

und dem Umfang eines mit unbewaffnetem Auge noch wahrnehmbaren Körperchens. Die Sporen entstehen auf geschlechtlichem Wege (durch Isogamie oder Oogamie, s. o. S. 156) oder ungeschlechtlich (als Konidien oder als endogene Sporen, s. o. S. 154).

Der Vegetationskörper der Kryptogamen wechselt in seiner Gestaltung außerordentlich stark. Wir finden unter ihnen Thallo- und Kormophyten (vgl. I. Kapitel, S. 7 ff.), ungegliederte und reich differenzierte Formen, mikroskopisch kleine und riesengroße.

Ihr Vegetationskörper ist entweder chlorophyllhaltig, also zu photosynthetischen Leistungen und autotropher Ernährung befähigt, oder chlorophyllfrei und heterotroph.

Befähigung zur Sexualität kommt — abgesehen von den Bakterien und Blaualgen — allen Gruppen der Kryptogamen zu: diploide und haploide Phase (s. o. S. 164) wechseln bei ihnen derart miteinander, daß bei ihren höheren Vertretern die diploide Phase durch Umfang, Lebensdauer und Differenzierung die haploide übertrifft; bei den niederen Gruppen der Kryptogamen ist auch der umgekehrte Fall verwirklicht. —

Wir unterscheiden folgende Gruppen:

Die Myxomyzeten oder Schleimpilze. Ihr Vegetationskörper ist ein formloser Thallus (Plasmodium, Fig. 1), d. h. ein durch Fusion zahlreicher nackter, amöbenähnlicher Einheiten entstehendes Gebilde. Durch diese und das hüllenlose Plasmodium und dessen Ernährung durch Aufnahme fester Nahrung (Bakterien) werden die Myxomyzeten den tierischen Protisten ähnlich. Vermehrung durch Sporen — das Plasmodium zerfällt ohne weiteres in solche (*Plasmodiophora*) oder entwickelt kompliziert gebaute Früchte (Sporangien), welche die Sporen enthalten. — *Plasmodiophora brassicae*, eine in Kruziferen (s. o. S. 234) parasitisch lebende Art, die namentlich an den Wurzeln des Kohls ansehnlich große, von dem viele Wirtszellen füllenden Plasmodium bewohnte Schwellungen (Kohlhernie, Kropf) hervorruft (vgl. V. Kapitel). Über die Beziehungen, die man mit Unrecht zwischen Kohlhernie und menschlichem Karzinom vermutet hat, siehe oben S. 235. — Der als Lohblüte bezeichnete Schleimpilz (*Aethalium septicum* = *Fuligo varians*) durchwuchert die Eichenlohehaufen der Gerbereien und läßt schließlich an ihrer Oberfläche die gelben oder braunen, kuchenartigen Äthalien oder Fruchtkörperaggregate erscheinen (die „Lohe blüht“). —

Die Bakterien oder Spaltpilze, weitaus die kleinsten aller Organismen, einzellig und mit den Merkmalen der typischen Pflanzenzelle ausgestattet. Vermehrung nicht anders als durch ungeschlechtliche Teilung. —

Die Zyanophyzeen oder Blaualgen, einzellige oder vielzellig fadenförmige, stets mit Chlorophyll und einem blaugrünen Pigment (Phykozyan, s. o. S. 63) ausgestattete Organismen, die zumeist im Wasser oder an feuchten Lokalitäten gefunden werden (*Gloecocapsa*, *Nostoc*, *Oscillatoria* u. v. a.). Vermehrung nur durch Zellenteilung bzw. Fragmentation der Fäden („Spaltalgen“). —

Die Algen (Algae) sind einzellige oder vielzellige, durch ungeschlechtliche Teilung und durch Schwärmsporen, außerdem auf geschlechtlichem Wege (isogam oder oogam) sich vermehrende thallophytische Wasserbewohner, deren Zellen stets Chlorophyll enthalten. —

Die Pilze (Fungi) sind einzellige oder vielzellige, durch ungeschlechtliche Teilung oder Sprossung und Betätigung isogamer oder oogamer Se-

xualität sich vermehrende chlorophyllfreie Thallophyten. Heterotrophe Lebensweise (Saprophyten oder Parasiten). Der Vegetationskörper besteht aus einzelligen oder vielzelligen Fäden (Hyphen), die als lockeres Aggregat (Myzel) oder fest verflochtene Masse (Pseudoparenchym, s. o. Fig. 94, 95) erscheinen. Sporen oft auf besonderen Fruchtkörpern. —

Die Flechten (Lichenes) sind symbiotische Vereinigungen von Algen und Pilzen; ihr Vegetationskörper ist stets ein Thallus. —

Die Moose oder Bryophyten sind homospore Archegoniaten, d. h. mit Archegonien und Antheridien ausgestattete, thallophytisch oder kormophytisch gebaute Pflanzen, deren haploide Phase mehr oder minder reich gegliederte, autotrophe Vegetationskörper entwickelt, und deren diploide Phase meist die Gestalt gestielter Sporenkapseln (vgl. Fig. 148) hat. —

Die Farne (im weiteren Sinn) oder Pteridophyten sind homo- oder heterospore Archegoniaten, deren haploide Phase ein kurzlebiges, ungegliedertes, wenig umfangreiches, autotroph oder heterotroph lebendes Organ und deren diploide Phase ein reich gegliederter, grüner Kormophyt ist.

Die Myxomyzeten und Zyanophyzeen haben für die angewandte Botanik so geringe Bedeutung, daß von einer ausführlichen Behandlung ihrer Vertreter Abstand genommen werden darf.

I. Bakterien.

Die Bakterien sind durchweg mikroskopisch kleine, einzellige oder vielzellig-fadenförmige Gewächse von äußerst einfachen Formen (Fig. 2). Die kugelförmigen werden als Kokken, die stäbchenförmigen als Bazillen, schraubenähnlich gewundene als Vibrionen oder Spirillen bezeichnet. Trichobakterien heißen diejenigen, deren Vegetationskörper lange, haardünne, aus vielen Zellen aufgebaute Fäden bilden. Neben der Zellenform gibt das Auftreten oder Fehlen von Geißeln (s. o. S. 81) morphologische Unterscheidungsmerkmale ab, sowie die Wuchsformen, welche bei der Vermehrung durch Zellenteilung zustandekommen, indem die Produkte mehrerer oder zahlreicher Teilungen aneinander haften bleiben (s. oben S. 82).

Leeuwenhoek, der Entdecker der Bakterien, hat nicht nur alle ihre Hauptformen beobachtet, sondern auch von ihrer Befähigung zur Bewegung Kenntnis gehabt („Multa exigua ... animalcula jucundissimo modo se moventia", 1663).

Als durchschnittliche Größe der stäbchenförmigen Bakterien mag die Länge von 5—8 μ gelten; Bakterien von 20—40 μ sind schon ungewöhnlich groß zu nennen; die Fäden der Trichobakterien erreichen bei manchen Arten sehr erhebliche Länge. Die kleinsten Bakterien finden sich unter den Kokken, deren kleinste mit 0,2 μ an die Grenze dessen reichen, was die besten Linsensysteme der Mikroskope uns zu zeigen imstande sind. Die Frage, ob es noch kleinere, also ultramikroskopische oder ultravisible Mikroben gibt, ist noch nicht mit befriedigender Sicherheit zu beantworten gewesen; manche Erfahrungen sprechen für ihre Existenz. Der Erreger der Lues (*Spirochaete pallida*) ist so dünn, daß seine Breite nicht zuverlässig gemessen werden kann. Ultramikroskopische Organismen scheinen als Erreger der Maul- und Klauenseuche, der Peripneumonie des Rindes usw. zu wirken; sie lassen sich auch beim Filtrieren durch Ton oder Porzellan (Chamberland-Kerzen, Berkefeld-Filter) nicht zurückhalten und passieren die Interstitien des Filters („filtrierbares Virus").

Die Zellen der Bakterien sind typische Pflanzenzellen; sie haben eine Membran und einen (durch Anwendung konzentrierter Lösungen, s. o. S. 103) plasmolysierbaren Inhalt. Ob in diesem ein Zellkern vorhanden ist, der dem Nucleus der höheren Organismen gleichgestellt werden darf, ist noch fraglich. Viele Bakterien haben Membranen, die durch starke Quellung zu mächtigen Gallertmassen sich verwandeln können. Steckt jede einzelne Bakterienzelle in einem deutlich erkennbaren Gallertfutteral, so spricht man von „Kapseln" (*Bacterium pneumonicum*); liefern die Membranen ansehnlicher Bakterienanhäufungen Gallert, so entstehen froschlaichartige (*Streptococcus mesenteroides*, „Froschlaichpilz" der Brauereien) oder anders gestaltete, schon makroskopisch sichtbare Produkte.

Im Inhalt der Bakterienzellen lassen sich mancherlei Speicherstoffe erkennen. Bei manchen Arten ist reichlich Fett vorhanden (s. o. S. 193). Bei anderen fehlt es und wird durch Volutinkörnchen („metachromatische" Körner) ersetzt, die vielleicht aus einer nukleïnsauren Verbindung bestehen (Diphtherie, Typhus u. a.). Schwefelkörner finden sich in manchen Schwefelbakterien (*Beggiatoa* u. a.), welche H_2S zu S, diesen dann zu H_2SO_4 oxydieren (s. o. S. 124). Bei manchen Buttersäurebakterien werden stärkeähnliche Einschlüsse gefunden, die sich mit Jod blau färben.

Als Involutionsformen werden die unter abnormen Lebensbedingungen, in alternden Kulturen usw. gebildeten Mißformen bezeichnet, die sich von den normalen durch ungewöhnliche Größe, blasig aufgetriebene und verzweigte Zellgestalt unterscheiden.

Die Sporen der Bakterien entstehen endogen: jede sporenbildende Zelle kontrahiert ihren Inhalt zu einer umhäuteten Spore. Vermehrung wird bei den Bakterien nur durch Teilung der Zellen erreicht: gestreckte Zellen teilen sich stets quer, niemals wie die Flagellaten längs. Spaltpilze heißen die Bakterien, weil ihnen kein anderer Vermehrungsmodus als die Spaltung eigentümlich ist.

Die Kleinheit der Bakterien macht für ihre mikroskopische Untersuchung, ihre Auffindung und Erkennung Methoden besonderer Art notwendig: Die BURRIsche Tuschemethode läßt nach Verreiben der Bakterien mit Tusche und nach dem Eintrocknen des „Ausstrichs" die Mikroben weiß auf schwarzem Grunde sehr deutlich werden; Färbung mit Anilinfarben macht namentlich nach Vorbehandlung mit sauren oder alkalischen Mitteln (ZIEHLs Karbolfuchsin: 100 cc H_2O, 10 cc gesättigte alkohol. Fuchsinlösung, 5 g Karbolsäure; LÖFFLERs Methylenblau: 100 cc H_2O, 0,01 g KOH, 30 cc gesättigte alkohol. Methylenblaulösung) die Bakterien gut sichtbar; sehr zarte, schwer auffindbare Bakterien, wie *Spirochaete pallida*, betrachtet man bei Dunkelfeldbeleuchtung (mit Paraboloidkondensor oder ähnlichen optischen Hilfsmitteln).

Die geringe Ausbeute an formalen Kennzeichen, die die mikroskopische Untersuchung liefert, nötigt uns, zur Trennung und Unterscheidung der zahlreichen Arten physiologische Merkmale, auch ihre mikrochemischen und mikrophysikalischen Eigenschaften, reichlicher heranzuziehen als bei Organismen anderer Art zu geschehen pflegt.

Auf mikrophysikalische und mikrochemische Unterschiede läßt es schließen, daß die Bakterien gewissen Färbemethoden gegenüber sich verschieden verhalten. Große praktische Bedeutung hat ihre Färbbarkeit nach dem GRAMschen Verfahren: Nach Färbung mit Anilinwasser-Methylviolett werden die Bakterien mit Jodjodkaliumlösung behandelt; in den Zellen mancher Arten entsteht hierbei eine in Alkohol unlösliche Jodverbindung des Farbstoffes, die auch bei nachfolgender Behandlung der Präparate mit Alkohol erhalten bleibt und die Bakterien dunkel gefärbt läßt; solche Bakterienarten werden als grampositiv denjenigen gegenübergestellt, welche nach Jod- und Alkoholbehandlung sich entfärben (gram-negativ). Als säurefest werden diejenigen Bakterien bezeichnet, die ihre

Karbolfuchsinfärbung auch bei nachfolgender Spülung mit 5 % H_2SO_4 oder 25 % HNO_3 festhalten (Tuberkelbazillen).

Große klinische Bedeutung z. B. für die Typhusdiagnose, hat die Wirkung bestimmter Stoffe auf die Bewegung und Suspension der Bakterien in flüssigen Medien. Aufgeschwemmte Typhusbakterien werden nach Zusatz von Typhusimmunserum unbeweglich und zu Klümpchen geballt oder agglutiniert; bei Verwendung anderer Bakterienarten bleibt die Agglutination aus.

Das vornehmste Mittel, das zur Erforschung der physiologischen Eigenschaften der Bakterien tauglich ist, und dem wir die wichtigsten Aufschlüsse über das Leben der Bakterien verdanken, ist die Kultur, d. h. ihre künstliche Züchtung auf Nährmedien von bekannter Zusammensetzung und unter bekannten, willkürlich variierbaren Außenbedingungen.

Die Züchtung wird in Nährlösungen vorgenommen, d. h. in richtig dosierten wässerigen Solutionen aller derjenigen organischen und anorganischen Stoffe, welche die Bakterien für ihr Gedeihen beanspruchen — oder auf festen Nährböden, d. h. auf gallertigen Medien, die durch Zusatz von Gelatine (ca. 10 %) oder AgarAgar (ca. 2 %) zu geeigneten Nährlösungen gewonnen werden. Die festen Nährböden haben neben anderen den großen Vorzug, daß die Mikroben, welche auf sie übertragen worden sind, an eben jener Stelle, an die sie gelangt sind, dauernd liegen bleiben und an ihr die ganze Nachkommenschaft der ausgesäten Mikroben sich anhäuft.

Der Züchtung der Bakterien hat ihre Isolierung, d. h. die Trennung der in einem natürlichen Gemisch uns vorliegenden Arten vorauszugehen; denn die Ergebnisse der künstlichen Kultur haben im allgemeinen nur dann Wert, wenn sie an Reinkulturen gewonnen worden sind, d. h. an solchen, welche nur eine Spezies enthalten. Daß wirklich nur eine Spezies vorliegt, ist mit Sicherheit nur dann gewährleistet, wenn nur eine Zelle ausgesät worden ist, und die Kultur ausschließlich die Nachkommenschaft dieser einen enthält (Einzellkultur). Gewinnung derartiger Kulturen gestattet das auf der Verwendung gallertiger Nährböden beruhende Kochsche Plattenverfahren: in Gelatinenährböden, die durch Erwärmung verflüssigt sind, wird eine möglichst kleine Probe der natürlichen Bakterienmischung eingetragen; durch gründliches Schütteln sucht man die übertragenen Bakterien so gut wie möglich voneinander zu trennen. Hierauf wird das noch flüssige Gelatinematerial auf eine geeignete Glasplatte (Petri-Schale) ausgegossen, auf der es in dünner Schicht erstarrt. Auf diese Weise sind die in der Mischung vereinigten Bakterien nicht nur voneinander getrennt, sondern auch in größerem oder geringerem Abstand voneinander in dem erstarrenden Gel eingeschmolzen und festgelegt worden. Finden sie in ihm geeignete Lebensbedingungen, so wird jeder ausgesäte Keim sich durch Teilung vermehren und an Ort und Stelle zu einer makroskopisch sichtbaren Bakterienanhäufung oder Kolonie heranwachsen. Sind alle Voraussetzungen richtig erfüllt, so besteht jede Kolonie aus Abkömmlingen einer Zelle, also aus Angehörigen einer Spezies.

Zugleich mit der Kenntnis der von den Bakterien geforderten Lebensbedingungen setzt ihre Kultur auch Bekanntschaft mit den zu ihrer Zerstörung tauglichen Mitteln voraus: das Nährmedium selbst wie die Glasgefäße, die bei der Kultur verwendet werden sollen, müssen zunächst keimfrei gemacht, d. h. sterilisiert werden. Das geschieht in erster Linie durch hohe Temperaturen. Wasser und Wasserdampf von 100° werden im allgemeinen von Bakterien (wie von anderen Organismen) nicht ertragen, ihre vegetativen Zustände gehen sogar schon bei 55—60° (etwa 15 Minuten

Erwärmungsdauer) zugrunde; die Sporen mancher Bakterienarten dagegen ertragen selbst mehrstündiges Kochen. Um auch sie zu vernichten, muß man das bakterienhaltige Material auf mehr als 100° (Erhitzung mit gespanntem Dampf im Autoklav) erhitzen oder der fraktionierten Sterilisation unterwerfen: man gibt nach dem Kochen den überlebenden Bakteriensporen 24 und 48 Stunden Zeit zum Keimen und wiederholt die Behandlung ein oder zweimal. Lebensmittel oder irgendwelche Materialien, die durch Kochen keimfrei gemacht worden sind, bleiben vor Verderbnis bewahrt, solange keine neue Infektion erfolgt — z. B. Verunreinigung durch die aus der Luft auffallenden und hernach sich schnell vermehrenden Keime. Nahrungsmittel, welche an Qualität durch Kochen einbüßen, werden durch Pasteurisieren keimfrei gemacht, d. h. durch fraktionierte Sterilisation bei weniger als 100°.

Tötung der Bakterien durch chemische Mittel oder chemische Desinfektion läßt sich auf sehr verschiedenen Wegen erreichen: je nach den Umständen und der Natur der Objekte, von deren Oberfläche man Bakterien zu entfernen hat, wird man sich verschiedener „antiseptischer" Mittel bedienen (Desinfektion von Apparaten usw. durch Soda, Sublimat, Formaldehyd, Karbolsäure, Lysol usw., Desinfektion der menschlichen Haut, der Hände usw. durch Alkohol, Seife, Sublimat, Lysol u. a., der Mundschleimhaut durch Thymol, H_2O_2 u. a., des Darmes durch Kalomel, der Wunden durch Methylviolett oder Pyoktanin, des Trinkwassers durch Cl, vieler Nahrungsmittel durch Benzoë-, Salizyl-, Kresotinsäure, der Fleisch- und Fischwaren durch Kreosot usw.).

In vielen Fällen wird es genügen, die Keime, die in irgendwelchem Material vorhanden sind, in ihrer weiteren Entwicklung zu hemmen. Bei der Herstellung von „eingemachtem" Obst oder eingesalzenen Fisch- und Fleischwaren sind Zucker bzw. NaCl — beides ausgezeichnete Nährstoffe der Bakterien bzw. ihre Entwicklung fördernde Stoffe — so reichlich zuzusetzen, daß durch ihre osmotische Wirkung die Entwicklung der Mikroorganismen inhibiert wird. —

Maßgebend für die Beurteilung der Ernährungsansprüche der Bakterien und der für ihre Züchtung erforderlichen Stoffmischungen ist zunächst der Umstand, daß sie — von wenigen Ausnahmen (s. o. S. 113) abgesehen — heterotroph sind. Zur C-Versorgung der in künstlichen Kulturen wachsenden Bakterien sind Zucker und Glyzerin in erster Linie tauglich, ferner N-haltige organische Verbindungen verschiedener Art; hinsichtlich der N-Ansprüche unterscheiden sich die Bakterien weitgehend voneinander (s. o. S. 114). Von den pathogenen Mikroben kommen sehr viele mit synthetischen Nährmedien, d. h. solchen, welche aus mehreren ihrer chemischen Zusammensetzung nach vollständig bekannten Stoffen bestehen, nicht aus, sondern beanspruchen Blutserum als Nährmedium oder Nährsubstrate, die mit Blut, Placentamasse, Hirnsubstanz usw. angefertigt worden sind und den Mikroben dieselben Eiweißstoffe bieten, die ihnen am Ort ihres natürlichen Vorkommens geboten werden. Noch andere Mikroben beanspruchen dauernde Berührung mit den Körpersäften lebender Tiere und können nur in der Weise kultiviert werden, daß man geeignete Nährmedien in zarte Kollodiumsäckchen füllt und diese nach Impfung und sorgfältigem Verschluß für die Dauer des Versuchs in die Leibeshöhle lebender Tiere legt; für viele weitere Zwecke schließlich bedarf es der subkutanen, intravenösen oder intraperitonealen Impfung eines Versuchstiers (Mäuse, Kaninchen u. a.)

und der Beobachtung der Folgen, welche die künstliche Infektion für den Tierorganismus hat.

Zur Kennzeichnung der in den Kulturen vorliegenden Bakterienarten sind Merkmale der verschiedensten Art tauglich: ihre Ansprüche an Ernährung, Sauerstoff und anderen Außenweltbedingungen, ihre Wachstumsleistungen (Schnelligkeit des Wachstums, Form der Kolonien usw.) und namentlich ihre chemischen Leistungen. Man prüft die Bakterien auf Alkali- und Säurebildung (Kultur auf alkalischem, mit Lakmus gebläutem Nährboden oder mit Hilfe anderer Indikatoren), auf Entwicklung von Indol, Schwefelwasserstoff, Trimethylamin, Farbstoffen irgendwelcher Art, auf ihr Gärvermögen (Entstehung von CO_2-blasen im Gelatinenährboden bei geistiger Vergärung von Zucker), auf ihr Reduktionsvermögen (Entfärbung von Indigkarmin, Methylenblau u. a.), auf Lichtproduktion (s. o. S. 125), auf ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber Austrocknen, hohen Temperaturen und Giften, schließlich auf die Produktion giftiger Stoffe oder ihre Virulenz und Pathogenität — hierzu sind vor allem die im Körper lebender Tiere ausgeführten Züchtungen tauglich. —

Über die Beziehungen der Bakterien zum Sauerstoff ist zu sagen, daß sich unter ihnen viele anaërobe — fakultativ und obligat anaërobe — finden. Es gelingt, Bakterien anaërob zu kultivieren, indem man die ausgesäten Keime tief ins Innere eines gallertigen Nährbodens stößt (Stichkultur): Organismen, die nur auf der Oberfläche eines festen Kulturmediums wachsen, sind aërob; solche, die auch in beträchtlichem Abstand von ihr gedeihen, sind anaërob. Noch gründlicher erfolgt die Fernhaltung des O bei Kultur in hermetisch geschlossenen Behältern, in welchen der Sauerstoff durch alkalische Pyrogallussäure absorbiert oder durch reichliches Einströmen von H verdrängt worden ist.

Die Temperaturansprüche der Bakterien sind nach ihren natürlichen Standortsverhältnissen verschieden. Die meisten Bakterien, die im Boden, im Wasser und in anderen Medien auftreten, sind poikilotherm und wachsen schon bei niedriger Temperatur, am besten gewöhnlich zwischen 20—30°; bei etwa 35° stellen viele ihr Wachstum ein, manche erst bei 40° und 50°. Die für Warmblüter pathogenen Mikroben sind stenotherm; ihr Optimum liegt bei 37°, sie sind aber zumeist noch bei 30° entwicklungsfähig. Der Tuberkelbazillus wächst nur bei 37° und auch bei dieser Temperatur in künstlichen Kulturen nur langsam, Diphtherie auch noch bei ca. 25°. Um Bakterien bei hoher und konstanter Temperatur kultivieren zu können, bedarf es eines heizbaren, die Temperatur regelnden Apparates, des Thermostaten. Auch viele poikilotherme Bakterien werden durch Züchtung bei 30—37° oder „Bebrütung“ in ihrem Wachstum sehr gefördert.

Wasser ist für das Wachstum der Bakterien unentbehrlich. Auf wasserarmen Medien können sich Bakterien nicht entwickeln; trockene Lebensmittel (s. o. S. 178) bleiben vor bakterieller Verderbnis bewahrt. Trockenheit hat keine bakterientötende Wirkung (Verbreitung pathogener u. a. Keime durch Staub).

Licht wirkt im allgemeinen hemmend auf das Wachstum der Bakterien, ja sogar bakterizid (s. o. S. 215). —

Inwieweit die für eine Bakterienkolonie ermittelten morphologischen und physiologischen Eigenschaften für die Spezies und alle Nachkommen der untersuchten Individuen konstant sind, ist schwer zu sagen.

Die alte Lehre vom Polymorphismus der Bakterien, nach welcher

die verschiedensten Formtypen ineinander übergehen und keine spezifischen Merkmale bestimmter Bakterienarten abgeben, ist seit Kochs Untersuchungen aufgegeben. Zahlreiche Forschungen der jünsten Zeit haben aber dargetan, daß die Eigenschaften mancher Bakterienarten (*Bacterium coli* u. a.) stark variieren, und daß man in künstlichen Kulturen gar nicht selten neben den typischen Kolonien solche mit abweichenden morphologischen oder physiologischen Eigenschaften auftreten sieht („Mutationen", s. o. S. 171). In Kulturen des *Bacterium coli* treten Mutanten auf, die sich durch ihr Gärvermögen von der Stammform unterscheiden; der rote *Micrococcus prodigiosus* bildet farblose oder abweichend gefärbte Mutanten usw. Auch für menschenpathogene Formen hat sich weitgehende Plastizität der verschiedensten Merkmale nachweisen lassen. Sollte es sich bestätigen, daß auch Merkmale, wie die Agglutinierbarkeit verloren gehen und harmlose Formen zu virulenten werden können usw. (Baerthlein), so würde die klinische Bakteriendiagnostik sich vor neue, besonders schwierige Aufgaben gestellt sehen.

Bedeutung der Bakterien für das ***Lebensmittelgewerbe.*** — Durch die Tätigkeit der Bakterien werden viele wichtige Materialien gewonnen und hergestellt, andererseits wirken viele Bakterien als Fäulniserreger und als Zerstörer unserer Lebensmittel.

Bacterium aceti, *B. acetigenum*, *B. Pastorianum*, *B. ascendens* u. a. rufen die Essigsäuregärung hervor. Alkoholhaltige Flüssigkeiten werden durch die Tätigkeit der Essigsäurebakterien sauer und bedecken sich mit einer aus diesen (und einer Hefe, *Mycoderma aceti*) gebildeten Kahmhaut. Oxydationsgärung (s. o. S. 122), durch welche Alkohol zu Aldehyd, dieser zu Essigsäure oxydiert wird; rechtzeitige Gewinnung der Essigsäure ist erforderlich, damit nicht fortgesetzte Gärung die Essigsäure zu CO_2 und H_2O oxydiere.

Milchsäure entsteht aus Zucker durch die Tätigkeit sehr vieler Bakterien. Das im menschlichen Darm lebende *Bacterium coli* bildet Milchsäure. Über die zuckerspaltende Wirkung der Milchsäurebakterien (*Bacillus acidi lactici*, *B. lactis acidi*) s. o. S. 126; durch die entstandene Säure wird das Kaseïn der Milch als Quark ausgefällt; dieser gibt das Ausgangsmaterial für die Sauermilchkäse (während die Labkäse aus ungesäuerter Milch gewonnen werden, deren Kaseïn durch Lab zum Gerinnen und Ausfällen gebracht worden ist). Bakterien (proteolytische u. a.) sind bei der Reifung der Käse beteiligt, neben ihnen Schimmelpilze (s. u.). *Bacillus bulgaricus*, der bei ca. 40° wirksame Mikrobe des Yoghurt, eines in Bulgarien, im Kaukasus und anderwärts landesüblichen, seit Metschnikoff auch in Mitteleuropa gern genommenen Sauermilchnährmittels, dessen Reichtum an Milchsäurebakterien namentlich dann (nach Metschnikoff) vorteilhafte Wirkungen für den mit ihm Ernährten hat, wenn im Darm *Glycobacter*-Mikroben tätig sind und durch Zerlegung von Stärke im Darm dauernd für den Zucker sorgen, dessen die Yoghurtbakterien zur Fortsetzung ihrer Gärtätigkeit und Säureproduktion bedürfen.

Die bei kaukasischen Stämmen verwendeten Kefirkörner („Hirse des Propheten", Keyf = Wohlbefinden) enthalten Milchsäurebakterien neben Hefen; ähnliche Mikrobenmischungen liegen den Kumyspräparaten zugrunde, die bei östlichen Völkern aus Stuten- u. a. Milch gewonnen werden. Ein thermophiler, d. h. bei hoher Temperatur (50°) gedeihender Milchsäurebazillus (*Bacillus acidificans*) ist für den Brennereibetrieb wichtig,

indem er die Maische ansäuert und hierdurch viele, den Fortgang des Brennereiverfahrens hindernde Bakterien von jener fernhält. Milchsäurebildende Bakterien sind bei der Herstellung des Sauerkrautes, saurer Gurken usw. tätig, sowie im Sauerteig der Bäckereien (*Bact. coli*).

Bei der Herstellung wichtiger Genußmittel sind die Bakterien insofern beteiligt, als bei der Gärung, die z. B. die frisch geernteten Tabakblätter vor der weiteren Verarbeitung durchzumachen haben, vielleicht auch Bakterien beteiligt sind.

Als Verderber von Nahrungsmitteln verschiedenster Art kommen die Fäulnisbakterien in Betracht (*Bacillus proteus*). Mit vegetabilischen Nahrungsmitteln, die mit Jauche gedüngt worden sind, können allerhand bedenkliche Bakterienarten in Magen und Darm des Menschen gelangen, wenn nicht in der Küche für Sterilisation gesorgt wird; Genuß roher Salatblätter und anderer gejauchter roher Vegetabilien ist nicht ungefährlich.

Der durch die Produktion eines leuchtend roten Pigments (Prodigiosin) ausgezeichnete, auf Kartoffeln und Teigwaren vegetierende *Bacillus prodigiosus* produziert reichlich Trimethylamin (s. o. S. 204). Harmlose Bewohner frischer Meeresfische sind die phosphoreszierenden oder Leuchtbakterien (*Bact. phosphorescens*); gegen den Genuß leuchtender Fische ist nichts einzuwenden, vielmehr ist die Entwicklung leuchtender Bakterien ein Zeichen dafür, daß die Fische frisch und unverdorben, d. h. von Fäulnisbakterien nicht besiedelt sind.

Bacillus mesentericus, ein kräftiger Schleimbildner, der auf Kartoffeln oft angetroffen wird, ruft in ungesäuertem Brot die Erscheinung des „Fadenziehens" hervor: das Gebäck wird klebrig und spinnt beim Zerschneiden Fäden. Die Sporen des Organismus ertragen die beim Backprozeß erreichten hohen Temperaturen.

Pathogene Bakterien. — Die für die Bevölkerung Europas wichtigsten Krankheitserreger des Menschen gehören zu den Bakterien. Aus anderen Organismengruppen rekrutieren sich die Erreger der Malaria und die Trypanosomen. Für *Spirochaete pallida* steht es noch nicht fest, ob sie gleich diesen zu den (durch Längsteilung sich vermehrenden) Flagellaten oder zu den Bakterien gehört.

Als Infektionskrankheiten, deren Erreger als Bakterien erkannt sind, kommen in erster Linie Tuberkulose, Diphtherie, Typhus, Milzbrand, Ruhr, Cholera, Pest, Genickstarre, Tetanus, Influenza, Gonorrhoe, Ulcus molle, Eiterungen in Betracht, als tierpathogene Bakterien der Tuberkulosebazillus (boviner Typus, Perlsucht der Kühe), Milzbrand.

Noch unbekannt sind die Erreger der Masern, des Scharlachs einerseits, der Maul- und Klauenseuche, der Rinderpneumonie andererseits.

Auch harmlose Bewohner der tierischen und menschlichen Schleimhäute (Kokken, Bakterien, Spirillen und fadenbildende Bakterien im Zahnschleim, Fäulnisbakterien im Darm der Fleischfresser) können unter Umständen pathogen werden oder schädliche Wirkungen haben (Zerstörung der Zähne durch saure Gärungsprodukte, Anhäufung von Skatol, Indol, Schwefelwasserstoff, Merkaptan oder anderen schädlichen Fäulniserregern im Darm).

Über die Biologie der pathogenen Mikroben, über die Begriffe der Immunität usw. ist die klinisch-bakteriologische Literatur einzusehen.

Über den für Pflanzen und Menschen pathogenen *Bacillus tumefaciens* s. o. S. 235.

II. Algen.

Die Algen (Algae) sind chlorophyllhaltige, zu autotropher Lebensweise befähigte einzellige oder vielzellige Thallophyten, die sich durch vegetative

Fig. 170. Braunalge: *Fucus vesiculosus*; an mehreren Wunden des Thallus sprießen neue Thallusspitzen hervor.

Teilung, durch ungeschlechtliche Sporen oder durch isogame oder oogame Betätigungsformen ihrer Sexualität fortpflanzen. Entsprechend ihrer an das Wasser oder feuchte Standorte angepaßten Lebensweise spielen nackte Schwärmsporen als Träger der ungeschlechtlichen Fortpflanzungsweise eine große Rolle bei ihnen (S. 158).

Über den Bau ihrer einzelligen (Fig. 3, 4, 5), trotz der Einzelligkeit oft reich gegliederten (Siphoneen oder Schlauchalgen; Fig. 6, 12, 14) und den ihrer vielzelligen, verzweigten und nicht selten den Kormophyten ähnlichen Vegetationskörper (Fig. 10, 15, 16, ferner Fig. 169, 170, 171) gibt das I. Kapitel Aufschluß.

So mannigfaltig wie ihre Form ist ihre Farbe. Zwar enthalten alle

Fig. 171. Rotalge: *Delesseria Sanguinea.*

Algen Chlorophyll; doch kombinieren sich mit diesem braune und rote Farbstoffe (s. o. S. 63).

Wichtige Gruppen mikroskopisch kleiner, einzelliger Algenformen sind die braunen Peridineen, zumeist marine, begeißelte Schwebe- oder Planktonformen (Fig. 4) mit Plakophytencharakter (S. 81), von welchen einige am Meeresleuchten beteiligt sind, und die braunen Diatomeen (Bazillariazeen, Kieselalgen), geißellose, festsitzende oder kriechende (S. 138), mit stark verkieselter Membran ausgestattete Süßwasser- und Meeresbewohner (Figg. 173, 174). Einzellige (Fig. 5, Desmidiazeen) und vielzellige, faden-

förmige Vertreter (*Spirogyra*, Fig. 73, u. a.) umfaßt die Gruppe der grünen Konjugaten, Süßwasserbewohner, die durch isogame Sexualität und ruhende Gameten (Fig. 149) gekennzeichnet werden. Die Grünalgen oder Chlorophyzeen sind meist vielzellig (Ausnahme: Siphoneen, S. 80 und die mikroskopisch kleinen Protokokkazeen, von welchen einige als grüne Anflüge überall sich ansiedeln), fast immer fadenförmig und vorzugsweise im Süßwasser anzutreffen; sie vermehren sich durch Schwärmsporen, bewegliche Gameten und Oogamie. Die Braunalgen (Phaeophyzeen) sind meist sehr stattliche, gelbe oder braune Meeresbewohner mit oft reich gegliedertem

Fig. 172. Karragheen: *Chondrus crispus* (Rotalge).

Thallus (Fig. 16, 170). Die Rotalgen (Rhodophyzeen, Florideen) sind ebenfalls fast durchweg marine Formen mit rotem, reich verzweigtem und oft sproßähnlich differenziertem Thallus (Fig. 171, 172). Die Braunalgen haben iso- und oogame Sexualität und Schwärmsporen, die Rotalgen Oogamie und unbewegliche ungeschlechtliche Sporen.

Technisch wichtiges Material liefern fossile Diatomeen mit dem Kieselgur (Infusorienerde, Bergmehl), der im Tertiär und Quartär Lager von gewaltiger Mächtigkeit (unter der Lüneburger Heide 12 m, an verschiedenen Fundstellen Nordamerikas über 100 m) bildet. Sie bestehen aus den kieselsäurereichen Membranen zahlreicher Diatomeenarten, deren Form und Struktur in allen Einzelheiten erkennbar geblieben sind (Fig. 173). Ver-

wendung als Packmaterial, als Isolator von Röhren usw., Füllung für Eisschränke u. ähnl., als Mittel zum Aufsaugen von Flüssigkeiten, als Rohmaterial in verschiedenen chemischen Industrien, als landesüblicher Zusatz zum Brot (Schweden, Finnland).

Als Testobjekte dienen dem Mikroskopiker Diatomeenmembranen mit besonders feiner Wandstruktur (*Pleurosigma* u. a., Fig. 174): je stärker das Auflösungsvermögen der Objektive ist, um so schärfer lassen sie die punktierte Struktur der *Pleurosigma*-Schalen erkennen. Auch die besten Linsen geben aber keinen Aufschluß darüber, ob die von ihnen gezeigten Punkte Vertiefungen oder Erhabenheiten oder stoffliche Anhomogenitäten irgendwelcher Art sein mögen.

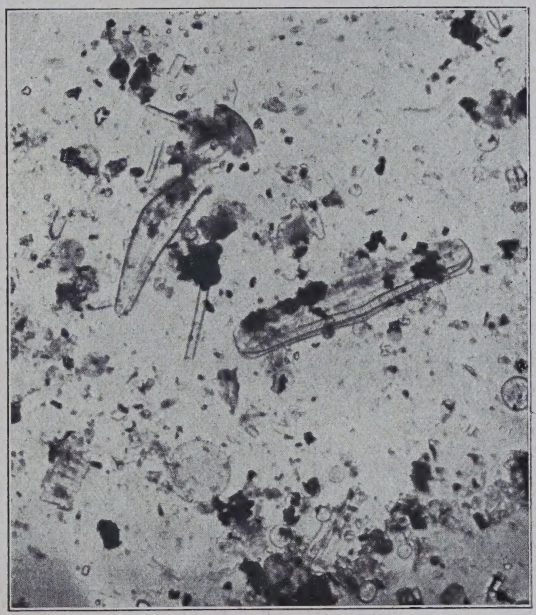


Fig. 173. Kieselgur: Zahlreiche rundliche und gestreckte Diatomeen und Trümmer von solchen. Mikrophotogramm.

Vielseitige Verwendung — im ***bakteriologischen Laboratorium*** (s. o. S. 251) und im ***Lebensmittelgewerbe*** (als Ersatz für Gelatine) — findet das Agar-Agar, ein aus asiatischen Rotalgen (Zeylon: *Gracilaria lichenoides*, Makassar und Java: *Eucheuma spinosum*, Japan: *Gelidium cartilagineum* u. a.) gewonnenes Material, das vorzugsweise aus den stark quellbaren Membranen der Algen besteht und nach Kochen mit Wasser eine derbe Gallert liefert. Sie hat Kohlehydratcharakter (Gelose); Erstarrungspunkt einer 2prozent. Lösung bei etwa 50°.

Das in Frankreich beobachtete Phänomen der „grünen Austern" ist auf eine mit eigenartigem blauen Farbstoff (Marennin) ausgestattete Kieselalgenart *(Navicula ostrearia)* zurückzuführen; diese wird von den Austern verzehrt, der blaue Farbstoff schlägt in grün um.

Drogen. — Das „*Carraghen*" stammt von zwei Rotalgen der atlantischen Küsten, *Chondrus crispus* und *Gigartina mamillosa*, die hauptsächlich in Amerika und Irland gesammelt, getrocknet und gebleicht werden (vgl. Fig. 172, die nach einem ungebleichten Exemplar angefertigt ist). Die Verwendbarkeit des Materials beruht auf der starken Quellbarkeit der Membransubstanz — wie beim Agar-Agar. Dieser kommt mit wässerigem Auszug der „*Cascara sagrada*" verarbeitet als Abführmittel („Regulin") in den Handel und wirkt hauptsächlich durch die Wasser festhaltende Kraft der Algenmembranen. Dieselben physikalischen Eigenschaften machen die obsoleten Stiele der Laminarien („*Stipites laminariae*" von *L. Cloustoni* vgl. Fig. 16) zur Erweiterung enger Eingänge usw. geeignet: bei Benetzung quellen sie.

Chemische Eigentümlichkeiten, insbesondere der Jodgehalt (s. o. S. 182), machen den braunen, in den deutschen Meeren weit verbreiteten, an den Küsten reichlich angespülten Blasentang (*Fucus vesiculosus*, Fig. 170) als Tee zum Hausmittel gegen habituelle Fettleibigkeit; als Mittel gegen Struma und Skrophulose gilt das Pulver verkohlten Tangs („*Aethiops vegetabilis*“, Meereichenpulver).

Als Fukol ist ein öliger Auszug von *Fucus* oder ähnlichen Meeresalgen in den Handel gebracht worden.

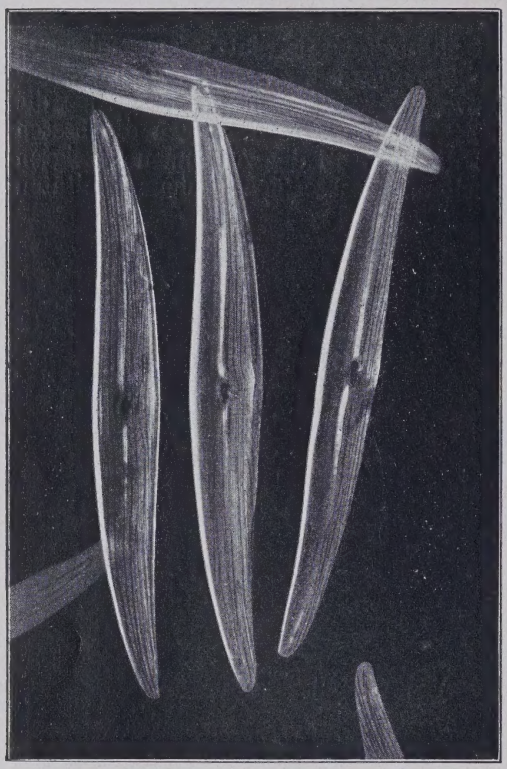


Fig. 174. Diatomeenschalen: *Pleurosigma angulatum*. *S*-förmig geschwungene Zellformen mit längsverlaufender Furche („Raphe“) und feinster Punktstruktur der Membran. Mikrophotogramm bei Dunkefeldbeleuchtung.

III. Pilze.

Die Pilze (Fungi) sind heterotrophe, stets chlorophyllfreie Thallophyten, deren Vegetationskörper von wenigen Ausnahmen (Hefen) abgesehen, aus langen einzelligen (Fig. 11) oder vielzelligen (Fig. 94) Fäden oder Hyphen besteht. Die Gesamtheit aller Hyphen bildet das Myzel des Pilzes.

Die Vermehrung der Pilze erfolgt durch isogame (Fig. 139) oder oogame (Fig. 141) Sexualität, sowie durch endogen und exogen entstehende Sporen ungeschlechtlicher Art. Endogene Sporen entstehen oft zu hunderten und tausenden in mikroskopisch kleinen oder mit unbewaffnetem Auge eben noch sichtbaren Sporangien (Fig. 137). Eine besondere Form der Sporangien sind die Asci, Schläuche, in welchen zumeist acht rundliche oder lange, nadeldünne Sporen entstehen (Fig. 177a). Alle Pilze, welche Asci und Ascussporen produzieren, werden als Askomyzeten bezeichnet. Von den exogenen Sporen sind die Konidien und die Basidien die wichtigsten: bei diesen wie jenen entstehen die Sporen durch Abtrennung oder Abschnürung einer rundlichen Spore von dem sie tragenden Hyphenende oder Sterigma. Ein Hyphenende liefert bei vielen Pilzen nur einmal, bei anderen viele Male hintereinander seine Konidien (Fig. 135). Die Basidien stellen keulenförmige Hyphen dar, an deren Spitze mehrere — etwa vier — zarte Sterigmen entstehen, deren jedes nur eine Spore (Basidiospore) zu liefern vermag (Fig. 177b). Alle mit Basidien ausgestatteten Pilze werden Basidiomyzeten genannt.

Ascus und Basidie werden als Hauptfruchtformen der Askomyzeten und Basidiomyzeten bezeichnet: viele Vertreter beider Gruppen sind außer-

dem imstande, durch Konidien als „Nebenfruchtform" sich zu vermehren. Pilze, für welche nur eine Konidienfruchtform oder gar keine Sporenform bekannt ist, können nicht in die genannten Hauptgruppen des Pilzreiches eingereiht werden und bilden die Gruppe der Fungi imperfecti.

Asko- und Basidiomyzeten haben einen vielzelligen Vegetationskörper; eine weitere Gruppe von Pilzen gleicht den Schlauchalgen (s. o.) in der Einzelligkeit ihrer Vegetationskörper, die Phykomyzeten.

Die Pilze leben parasitisch oder saprophytisch. Die Parasiten unter ihnen befallen vor allem Pflanzen verschiedenster Art (s. o. S. 226 ff.), sehr viel weniger Wirbellose und Kaltblüter (*Empusa muscae* auf der Fliege, Pilzkrankheiten des Seidenwurms und anderer Lepidopteren, *Saprolegnia* auf Fischen); noch geringer ist die Rolle der für den Menschen pathogenen Formen. Die Saprophyten leben auf dem Kot vieler Tiere, auf Tier- und namentlich Pflanzenleichen aller Art, auf Lebensmitteln und allen möglichen Produkten animalischer und vegetabilischer Herkunft und unter Ausnützung der im Erdreich modernden Stoffe (Schwämme).

Auf Grund der morphologischen Eigenschaften der Pilze und ihrer biologischen Eigentümlichkeiten unterscheiden wir folgende vier Gruppen: die Hefen, die saprophytischen Schimmelpilze, die pflanzenbewohnenden Parasiten und die Schwämme.

a) *Hefen.*

Hefepilze (Sproßpilze, Saccharomyzeten) sind einzellige (8—10 μ große) Organismen von kugel- oder eiähnlicher oder schlauchartig gestreckter Gestalt, die sich durch Sprossung (s. o. Fig. 86) vermehren. Die Abkömmlinge einer Mutterzelle lösen sich nach der Zellenteilung von ihr ab oder bleiben in lockerem Verbande mit ihr. Endogene Sporenbildung nach Kopulation (isogame Befruchtung) oder auf ungeschlechtlichem Wege (Zerfall des Zellinhalts in vier Portionen, die zu umhäuteten Sporen werden).

Als Saccharomyzeten werden die Hefen wegen ihrer Befähigung zum Vergären des Zuckers bezeichnet (Vergärung des Traubenzuckers, Invertierung des Rohrzuckers, s. o. S. 126 und 206).

Hefen siedeln sich überall an, wo zuckerhaltige Flüssigkeiten sich finden: auf süßem Obst, zumal an den Wunden zuckerhaltiger Früchte, im Saftfluß der Bäume (s. o. S. 222), auf den Nektar abscheidenden Organen, auf den Narben vieler Blüten („wilde Hefen") usw. Die Bierhefe (*Saccharomyces cerevisiae*) wird nur in den Gärungsbetrieben gezüchtet, niemals in der freien Natur gefunden.

Künstliche Kultur der Hefen nach ähnlichen Methoden wie Bakterien (Gelatine und Zucker, Frucht- oder Malzextrakt usw.) — jedoch beanspruchen sie schwach saures Substrat, dessen Oberfläche sie mit meist schnell wachsenden, polsterartigen oder reich verzweigten Kolonien (Fig. 175) überziehen.

Von den Kulturhefen (Bier- und Weinhefen) sind zahlreiche, physiologisch unterscheidbare Varietäten oder „Rassen" bekannt: die wichtigsten Unterschiede liegen in Qualität und Mischungsverhältnis ihrer Gärungsnebenprodukte und in ihren Temperaturansprüchen.

Im ***Lebensmittelgewerbe*** spielen die Hefen als Gärungserreger eine doppelte Rolle: durch ihre Tätigkeit werden fast alle geistigen (alkoholhaltigen) Getränke, wie Bier, Wein, Branntwein gewonnen; außerdem

werden sie in der Bäckerei zur Herstellung von Backwaren aller Art benötigt.

Die für das Gärungsgewerbe wichtigsten Arten sind folgende:

Saccharomyces cerevisiae, die Bierhefe, deren Gärtätigkeit zu den Voraussetzungen der Bierbereitung gehört. Die eiförmigen Zellen sind 8—9 μ groß. Zahlreiche Varietäten (Pilsener, Münchener, Berliner Rassen usw.), von welchen einige obergärig wirken (d. h. in lockeren Flocken und Verbänden durch die Kohlensäure an die Oberfläche des Gärbottichs gehoben werden: Berliner Weiße, Lichtenhainer, Gose usw.), andere untergärig sind (d. h. als Anhäufung isolierter Zellen auf dem Boden des Gefäßes bleiben: Münchener Bierbereitung). Modern eingerichtete Braubetriebe arbeiten mit dem aus einem Hefevermehrungsapparat gewonnenen Hefematerial, das von einer bakterienfreien, nur eine Hefenart enthaltenden Reinkultur sich ableitet. Für Brennereien sind Heferassen tauglich, die hohen Alkoholgehalt und den Milchsäurezusatz der Maische (s. o. S. 255) vertragen (sog. starke Hefen). Die starken Brennereihefen wachsen bei 24°, die „schwachen" Brauereihefen bei 15°, gewisse dem Biere schädliche und seine „Krankheiten" hervorrufenden „Kalthefen" erst bei 5° optimal. Unter Preßhefe versteht man ein Hefematerial, das durch Ausdrücken eines beträchtlichen Teils seines Wassergehaltes beraubt worden ist, aber aus noch lebenden Zellen besteht. *S. pastorianus* ruft Bitterkeit und Trübung der Bieres hervor.

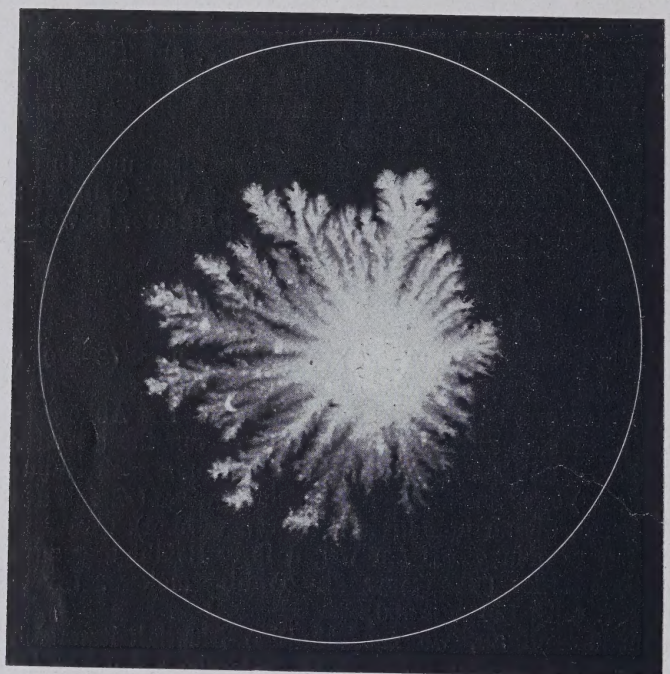


Fig. 175. Kolonie einer Hefe (Einzellkultur) auf malzhaltiger Gelatine. Naturselbstdruck.

Die Weinhefe (*S. ellipsoideus*) tritt wild auf den Beeren der Weintraube, im Boden der Rebhügel usw. auf. Ohne Zutat von Hefematerial gerät daher der Traubensaft (Most) in Gärung („Selbstgärung"). Die eiförmigen Zellen der Weinhefe sind etwas kleiner als die der Bierhefe (6 μ). Zahlreiche Varietäten, die durch ihre Gärungsnebenprodukte, den Geschmack, das Aroma oder die „Blume" des Weines sich voneinander unterscheiden.

S. apiculatus (zitronenförmig zugespitzte Zellen) spielt bei der Fruchtweinbereitung eine wichtige Rolle.

In den Kefir- und Kumys-Milchpräparaten (s. o. S. 254) sind neben Bakterien auch Hefen wirksam. —

In der Bäckerei werden schwache Hefen, wie *Saccharomyces minor*, zum Auftreiben und Lockern des Teiges benutzt: im Verein mit einigen Bakterienarten des Teiges verzuckern sie einen Teil der Stärke und vergären den Zucker; die entstehende Kohlensäure läßt den Teig „gehen". Diese Prozesse bewirken einen Verlust von 2—3 % der vorhandenen Kohlehydrate; Anwendung von Backpulvern (Ammoniumbikarbonat, Hirschhornsalz = karbaminsaures + kohlensaures Ammoniak) ersparen diese Einbuße; sie verschwinden bei den hohen Backtemperaturen restlos aus dem Gebäck durch Verwandlung in Gase.

Als Verderber von Nahrungsmitteln spielen Hefen eine geringe Rolle. Über Kahmhefen (*Mycoderma*) in der Essigsäureindustrie, in alkoholhaltigen Getränken usw. s. o. S. 254. Über die durch Hefen verursachten Bierkrankheiten S. 262. *Torula glutinis*, eine pigmentliefernde „Rosahefe", erscheint in schleimigen, tropfenähnlichen Kolonien auf Gelatine, Backwerk u. a.

Hefen als Nährmittel spielen bei der Fütterung unserer Nutztiere längst ihre Rolle. Hefenextrakte verschiedener Art kommen als Suppenzusatz und Ersatz für Fleischextrakt in den Handel. Während des Weltkrieges ist „Nährhefe" (Institut für Gärungsgewerbe, Berlin), eine getrocknete pulverige Bierhefe, wegen ihres Eiweißreichtums in großen Massen hergestellt und verbraucht worden (Eiweiß ungefähr 50—54, Mineralstoffe 7—8½, Fett 3, N-freie Extraktstoffe 28—30, Wasser 7—8 %). Die Resorbierbarkeit der Nährhefen ist (nach Rubner) befriedigend. Auch als Brotzusatz die Hefe zu verwenden, ist empfohlen worden. Die Meinungen über die Bekömmlichkeit der verschiedenen Hefepräparate bei dauerndem reichlichem Genuß scheinen freilich noch auseinander zu gehen. Als Mineralhefe kommt eine Heferasse in den Handel, die Zucker nicht zu Alkohol vergärt und auf Melasse-Ammoniumsulfat schnell heranwächst; sie enthält mehr Mineralstoffe (15,45 %) als die Nährhefe; 1 kg Mineralhefe im Nutzungswert = 2,1 kg mittelfettes Rindfleisch. Fetthefen hat man besonders fettreiche Hefeformen, *Torula pulcherrima* und *Endomyces vernalis*, genannt; letztere liefert bei zuckerreicher Ernährung bis 50 % Fett (auf Trockensubstanz berechnet). Man hat sie für die menschliche Ernährung und die Fett verarbeitenden Industrien empfohlen.

Pathogen werden Hefen, wenn sie zusammen mit gärfähigen Stoffen in den Darm geraten (Darmkatarrh). Ihre klinische Bedeutung ist gering.

Klinische Verwendung der Hefe. — Frische Bierhefe („*Faex medicinalis*") wird ihrer Fermente und bakteriziden Kraft wegen bei Erscheinungen, die auf Darmfäulnis zurückzuführen sind, und anderen durch Bakterien verursachten Störungen verordnet. Trockenhefe wird bei 25—30° hergestellt; die Zellen der Hefe sterben hierbei zwar ab, ihre Fermente bleiben aber noch wirksam. Dasselbe gilt für die mit Azeton behandelte Hefe (Azeton-Dauerhefe, Zymin). Ob der therapeutische Wert der Hefe auf den Fermenten oder auf der Gegenwart anderer Bestandteile, wie Nukleinverbindungen, beruht, ist noch umstritten.

Über ***industrielle Verwertungen verschiedener Art*** siehe o. S. 190 (Hefe als Ebonitersatz) und S. 186 (Protolgärung — Glyzeringewinnung).

b) Schimmelpilze.

Die Schimmelpilze sind eine durch ihren Habitus gekennzeichnete Gruppe saprophytisch lebender Pilze, die auf Lebensmitteln, welken Blättern, feuchtem Papier und allerhand Abfällen sich entwickeln und ihr Substrat mit einem zarten Myzel überziehen, das wie ein weißer faseriger Belag, wie flockige Watte oder faseriger Flaum dem Nährboden anliegt oder wie ein dichter Wald aufrechtstehender Fäden sich von ihm erhebt.

Hinsichtlich der Morphologie ihres Vegetationskörpers und ihrer Fortpflanzungsmodi sind die Schimmelpilze untereinander sehr verschieden. Ihr Myzel besteht aus unseptierten (Phykomyzeten: *Mucor*, *Rhizopus*) oder aus vielzelligen Hyphen (Askomyzeten: *Penicillium*, *Aspergillus* [*Sterigmatocystis*, *Eurotium*], *Botrytis;* imperfekte Pilze: *Oidium lactis*). Ihre Sporen werden in köpfchenförmigen Sporangien (*Mucor*, Fig. 137) oder als Konidien (*Penicillium* u. a., Fig. 135) entwickelt. Die staubartig feinen Konidien entstehen bei manchen von ihnen in solcher Reichlichkeit, daß die Pilzrasen ganz und gar von ihnen verdeckt werden. *Penicillium glaucum* hat seinen Namen nach der grünen Farbe der Konidien (Fig. 176), *Aspergillus niger* produziert schwarze Konidien, andere ähnliche Arten braune Sporen; diese stehen bei *Penicillium* reihenweise an den Enden pinselartig verzweigter Hyphen (Fig. 135), bei *Aspergillus* entsprießen ähnliche strahlenartig gruppierte Sporenreihen aus einem kugelartig angeschwollenen Hyphenende. Die Askusfrüchte der zu den Askomyzeten gehörigen *Penicillium*- und *Aspergillus*-Arten werden sehr selten gefunden; die *Mucor*-Arten u. ähnl. kommen nur dann zur Produktion ihrer Zygosporen (vgl. Fig. 139), wenn zufällig zwei der + und — Rasse angehörigen Individuen nebeneinander zur Entwicklung gekommen sind.

Fig. 176. Pinselschimmel (*Penicillium glaucum*) auf einer Zwiebel.

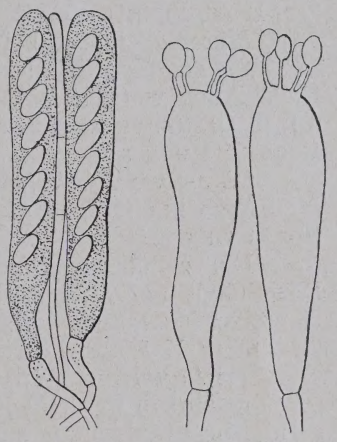
Die Kultur der Schimmelpilze gelingt leicht auf sauren Nährböden (Gelatine und Pflaumensaft, Biomalz, Mistextrakt usw.). Einige Arten entwickeln kräftige rote oder gelbe Pigmente, die in den Nährboden diffundieren.

Manche Schimmelpilze sind auf zuckerreichen Medien als Gärungserreger wirksam (*Mucor racemosus*, *Aspergillus oryzae* u. a.).

Die Beziehungen der Schimmelpilze zum ***Lebensmittelgewerbe*** finden vor allem bei der Besiedelung von Lebensmitteln ihren Ausdruck. Die außerordentlich ergiebige Sporenproduktion vieler Schimmelpilze erklärt es, daß so gut wie überall in der Luft Keime von solchen verbreitet und zur Infektion geeigneter Substrate bereit sind (Gebäck aller Art, Kompott, Obst und Fruchtreste, Milch, Käse, tote Zwiebelschalen usw. usw.). Ihre Entwicklung setzt reichen Wassergehalt voraus. Auf lebendem Substrat entwickeln sie sich nicht.

Mucor mucedo, Köpfchenschimmel; das einzellige Myzel wuchert zunächst im Substrat oder an seiner Oberfläche und erhebt sich später in Form aufrecht wachsender, bis 10 cm langer, unverzweigter „Fruchthyphen", die ein sporengefülltes Köpfchen (Sporangium, Fig. 137) tragen. Gelegentlich auf Käse, Schnupftabak usw., häufig auf Mist. *M. racemosus*, auf feuchtem Brot, Früchten, Käse usw. reichlich vegetierend, ist sehr viel häufiger als *M. mucedo* auf Lebensmitteln anzutreffen; kürzere, 0,5—3 cm hohe, verzweigte Fruchthyphen. *M. stolonifer* (= *Rhizopus nigricans*) an denselben Substraten; gekennzeichnet durch die den Stolonen der Erdbeere (Fig. 26 b) vergleichbaren Ausläufer: überall da, wo diese mit dem Substrat in Berührung stehen, entwickeln sie Büschel kurzer, sporangientragender Fruchthyphen.

Penicillium glaucum, der blaugrüne Pinselschimmel, eine zu den Askomyzeten gehörige, sehr viele Formen umfassende, allenthalben verbreitete Sammelspezies, deren Angehörige leicht an den grünlichen oder grünblauen Konidien ($2\frac{1}{2}\,\mu$ Durchmesser) erkannt werden, die meist kreisrunde Areale ihrer Nährböden mit staubigen Krusten bedecken (Brot, Südfrüchte, Zwiebeln, Käse usw., Fig. 176). Das septierte Myzel selbst ist pigmentfrei und bei den noch im Wachstum begriffenen Pilzrasen als weißer, noch sporenfreier Saum kenntlich. Auf Substraten, die seiner Entwicklung wenig günstig sind, entstehen oft statt zusammenhängender Sporendecken dochtartige, aufrecht stehende, schon makroskopisch bequem sichtbare Myzelbüschel, deren Gipfel einen dichten Sporenbelag tragen. *P. italicum*, *P. olivaceum* u. a. vorzugsweise auf Südfrüchten. Über *P. brevicaule* s. u.



a *b*

Fig. 177. Sporenformen der höheren Pilze: *a* zwei Asci mit je 8 Askosporen, *b* zwei Basidien mit je vier Basidiosporen.

Aspergillus niger, der schwarze Kolbenschimmel, hat schwarze Konidien; wächst auf süßen Säften, in Feigen und Datteln; *A. herbariorum* (= *A. glaucus*), grau- oder olivgrüne Konidien, auf eingemachtem Obst; auf Heringslaken, Pumpernickel usw.; *A. fumigatus*, braungrün, auf keimender Gerste, liebt hohe Temperatur (40°); *A. flavus*, gelb bis dunkelbraun, auf Brot usw. Die beiden zuletzt genannten Arten sind pathogen (s. u.).

Botrytis cinerea bildet einen flockigen, lockeren, graubraunen Schimmelbelag, der fast regelmäßig auf überreifen Weintrauben — zumal wenn sie in dichter Packung gelegen haben — gefunden wird. Durch seine Mitwirkung am Gärprozeß wird der Geschmack des Weines ungünstig beeinflußt („Räuchseln" des Weines). Das auf Substraten verschiedenster Art vegetierende *Cladosporium herbarum* (olivgrüne Konidienrasen) gibt dem Wein einen häßlichen „Pfropfengeschmack", wenn er die Stopfen der Flaschen besiedelt. Ähnlich soll ein auf den Stämmen der Korkeiche den Kork befallender *Aspergillus* wirken.

Oidium lactis, ein aus hefeähnlichen oder stäbchenartigen Zellen oder brüchigen Zellenfäden bestehender imperfekter Pilz, der auf der Sahneschicht der durch Milchsäurebakterien sauer und steif gewordenen Milch seine weißlichen Rasen oft in großer Zahl entstehen läßt; erscheint als Verunreinigung auch auf Preßhefe u. a.

Die „gelben Reiskörner", die manche Ware unscheinbar machen, sind auf die Besiedelung des Materials durch *Protascus colorans* zurückzuführen. —

Auf tierischen Substraten zeigen sich Schimmelpilze nur ausnahmsweise. *Cladosporium herbarum* (s. o.), *Dactylium oogenum* u. a. rufen auf dem Dotter der Hühnereier schwärzliche Flecken hervor; die Hyphen keimender Sporen vermögen Eischale und Eihaut zu durchdringen. —

Die hier genannten Schimmelpilze sind insofern harmlos, als die von ihnen verunreinigten Nahrungsmittel durch sie im allgemeinen nicht gesundheitsschädlich werden. Einige Schimmelpilze sind sogar bei der Herstellung der Lebensmittel als unentbehrliche Helfer tätig. Der Reiswein der Japaner („Sake") entsteht unter der Mitwirkung des Gärungserregers *Aspergillus oryzae*. Dieser und *A. Wentii* sind bei der Herstellung ostasiatischer Sojagerichte („Sho ju", „Mi so") beteiligt: die Samen der Sojabohne (*Soja hispida*) werden durch sie leichter verdaulich. Auch bei der Herstellung verschiedener Reisgerichte sind Schimmelpilze im Spiel.

Mucor oryzae ist bei der Herstellung des Arraks tätig.

Die charakteristische Marmorierung des Gorgonzolakäses kommt durch Einlagerung von *Penicillium*-Konidiendecken zustande; andere Arten derselben Gattung sind bei der Reifung des Fromage de Brie, des Camembert, Roquefort und anderer Käsearten wirksam.

Citromyces Pfefferianus gehört zu den zitronensäurebildenden Pilzen; im Kriege hat man empfohlen, durch seine Produkte die mangelnden Zitronen zu ersetzen. —

Ein zelluloselösender *Aspergillus cellulosae* ist neuerdings aus dem Darminhalt der Boviden (Pansen), und anderer Tiere und aus dem der Menschen isoliert worden; über seine Bedeutung für die Ausnützung vegetabilischer Nahrung durch den Menschen ist noch nichts bekannt.

Pathogene Schimmelpilze, die im europäischen Klima dem Menschen gefährlich werden können, sind nicht zahlreich. Die von ihnen hervorgerufenen Krankheiten werden als Mykosen bezeichnet.

Verschiedene *Mucor*- und *Aspergillus*-Arten leben im Ohr, auf der Hornhaut des Auges, in der Lunge und im Mund, Rachen, Oesophagus, Darmkanal usw. saprophytisch auf Sekreten, totem Epithel, der nekrotischen Wand von Zerfallshöhlen der Lunge oder im Kot und können gelegentlich zu Parasiten werden, in lebendiges Gewebe eindringen (Oto-, Pneumomykosen usw.) und sogar in die Blutbahnen geraten und durch sie sich verbreiten (*Aspergillus fumigatus*, *A. flavus*, als sekundärer Ansiedler auch *A. niger* u. a., *Mucor corymbifer* = *Lichtheimia corymbifer*). In die Blutbahn der Versuchstiere gebracht, bewirken die Sporen vieler Arten schwere Störungen und Tod.

Koprophile Arten von *Aspergillus* (*A. terreus*, *A. umbrinus*) und *Penicillium* (*P. divaricatum* u. a.) treten im Darm des Menschen auf. Bei reichlicher Verfütterung an Versuchstiere erwiesen sie sich als giftig. In den Tropen Asiens scheinen pathogene Schimmelpilze (*Mucor*, *Rhizopus*) eine große, noch wenig erforschte Rolle zu spielen.

Für die Vögel sind einige Aspergillosen gefährliche Krankheiten.

Mehrere zu den oben genannten Gattungen gehörige Schimmelpilze sind auch für Wirbellose pathogen: einige *Mucor*-Arten auf Heuschrecken (Südafrika), *Botrytis Bassiana* auf *Bombyx mori* („Muskardine"-Krankheit) u. a.

Von imperfekten Pilzen kommen der Soor- und der Strahlenpilz, sowie die Erreger der Dermatomykosen in Betracht.

Der Soorpilz (*Monilia albicans* = *Oidium albicans*) ist ein hefeähnlich sprossender, brüchige Myzelfäden entwickelnder Organismus, der auf Mund- und Nasenschleimhaut der Säuglinge, aber auch bei Hunden, Katzen und Hühnern die Schwämmchenkrankheit hervorruft.

Die Strahlenpilze (*Actinomyces*) sind durch außerordentlich feine Hyphen gekennzeichnet. Sie wachsen auf künstlichen Nährböden (Glyzerinagar u. a.) in Form strahliger Hyphensysteme und bilden im Aktinomykoseneiter die makroskopisch gut sichtbaren, strahlig gebauten „Drusen". Auf Grund gefärbter Präparate nehmen manche Autoren an, daß seine Hyphen zerfallen und hierbei bazillen- oder spirillenähnliche Teilstücke liefern; seine systematische Stellung — ob Pilz oder Fadenbakterie (Streptotricheen) — ist daher umstritten. Neuerdings hat sich zeigen lassen, daß die Fragmentation der Hyphen nur durch den Wechsel volutinreicher und inhaltsarmer Stellen vorgetäuscht wird. *Actinomyces bovis* wird dem Menschen und den Boviden gefährlich. Der Pilz findet sich auf der Oberfläche der Getreidekörner und Spelzen (S. 235) und ist wohl auch im Boden oder an dungreichen Lokalitäten anzutreffen; Infektionsgefahr beim Zerbeißen irgendwelcher Ährenteile, Eiterung und Gewebezerfall, daneben Gewebeneubildung und Entstehung tumorenähnlicher Wucherungen („Holzgeschwulst") in der Nähe des Mundes, der Wirbelsäule, am Hals, auch in der Lunge. Beim Rind meist gefährliche (Unter-)Kiefergeschwulst („Winddorn"), „Holzzunge", Wucherungen an Kehlkopf, Schlund, Magen, Darm, Lunge. Beim Schwein Lymphdrüsengeschwulst. — Auf ähnliche Pilze ist der indische Madurafuß (Mycetoma) zurückzuführen. —

Dermatomykosen oder von Pilzen verursachte Hautkrankheiten sind vor allem der Favus (hervorgerufen durch *Achorion Schönleinii*), Herpes tonsurans oder Bartflechte (*Trichophyton tonsurans*) und Pityriasis versicolor (*Microsporon furfur*). Sämtliche Pilze entwickeln vielzelliges Myzel und Konidien. Sie befallen die Haut bestimmter Körperteile und entwickeln auf dieser ihre Myzelplatten, *Achorion* und *Trichophyton* bevorzugen behaarte Körperteile oder siedeln sich in den Nägeln an.

Zum ***Arsennachweis*** wird die Eigentümlichkeit des auf moderndem Papier auftretenden *Penicillium brevicaule* benutzt, auf Nährböden, welche sehr geringe Mengen As enthalten, das stark duftende Diäthylarsin zu entwickeln (Begutachtung As-haltiger Tapeten, Ledersorten usw., forensischer As-Nachweis bei Leichenuntersuchung).

c) Phytophage Pilze.

Über die auf Pflanzen parasitisch lebenden Pilze (Rostpilze, Brandpilze, Mehltau, Peronosporazeen u. a.) und die von ihnen hervorgerufenen Pflanzenkrankheiten ist vom Standpunkt der allgemeinen Pathologie und der Therapie im V. Kapitel bereits berichtet worden.

Für den Kliniker haben nur diejenigen unmittelbares Interesse, welche nicht nur den Kulturpflanzen des Menschen, sondern diesem selbst gefährlich werden können: einige Vertreter der Uredineen (Rostpilze) und Ustilagineen (Brandpilze), sowie *Claviceps purpurea*.

Wichtige Produkte des ***Lebensmittelgewerbes*** können von Brandpilzen dadurch entwertet werden, daß ihre Sporen in großer Menge in Mehl und Brot geraten.

Der Flugbrand (Staubbrand, Ruß des Getreides, *Ustilago tritici*,

Fig. 178. Mutterkorn (*Claviceps purpurea*): Roggenähre mit mehreren Sklerotien.

U. cereales, *U. maydis* u. a.) verwandeln zur Zeit ihrer Sporenreife die Körner der befallenen Getreidearten in lockere, schwarze pulverige Massen (Fig. 161); der auf Weizen sich entwickelnde Steinbrand (Stinkbrand, *Tilletia tritici*) läßt die Körner des Wirtes als geschlossene, von Sporen erfüllte Behälter in die Ernte kommen; dem Mehl teilen sie bei reichlicher Beimengung ihren widerlichen Geruch (Trimethylamin) sehr stark mit. Brandreiches Mehl sieht grau, das aus ihm hergestellte Gebäck bläulich aus. Bei mikroskopischer Analyse des Mehls sind die bräunlichen Sporen leicht zu erkennen: *Ustilago* 8 μ, *Tilletia tritici* (netzartig verdickte Sporenhaut) und die ihr ähnliche ebenfalls weizenbewohnende *T. laevis* (glatte Sporenhaut) bis 18 μ. Bei Untersuchung von Kot und Mageninhalt gelegentlich falsch beurteilt (Verwechslung mit Askarideneiern!).

Claviceps purpurea, ein Askomyzet, befällt — in Deutschland verhältnismäßig schwach, in Galizien und Rußland sehr viel stärker — die Ähren des Roggens (Fig. 178); er durchwuchert die Fruchtknoten und verwandelt diese zu schwarzblauen, nagelförmigen, harten, $2\frac{1}{2}$ cm langen Sklerotien, d. h. zu pseudoparenchymatischen (vgl. Fig. 95) Myzelmassen, welche als „Dauerzustände" des Pilzes im Herbst sich vom Wirt ablösen, den Winter auf dem Boden des Ackers ruhend verbringen und in der nächsten Vegetationsperiode keimen, indem sie mehrere gerade oder gewundene, mit einem runden Köpfchen endende Organe produzieren (Fig. 179). In den Köpfchen entstehen zahlreiche Askosporen, durch welche eine neue Infektion bewirkt wird. Die dicken Sklerotien werden als Mutterkorn bezeichnet. Sie kommen mit den Körnern in das Erntegut und werden mit ihm vermahlen. Die im Mutterkorn (französisch: ergot) enthaltenen Stoffe Ergotinin und Ergotoxin haben bei reichlichem Genuß des mit jenem verunreinigten Brotes die schwersten Folgen: gangränöse Verstümmelung, Erblindung, Geistesstörungen und Tod (Ergotismus, Kriebelkrankheit, Ignis sacer sancti Antonii). Das reichliche Auftreten des Mutterkorns hat früher zu schweren Volksepidemien in Frankreich und Deutschland geführt (noch 1736 in Hannover). Im Weltkrieg hat die für Schwarzbrot üblich gewordene Mehlgewinnung auch zu einer erheblichen Beladung des Mehles mit *Claviceps* geführt und scheint mancherlei dem Ergotismus nahestehende leichte Störungen veranlaßt zu haben (Schwindelgefühl, Mattigkeit, Kriebeln und Zusammenziehungen in

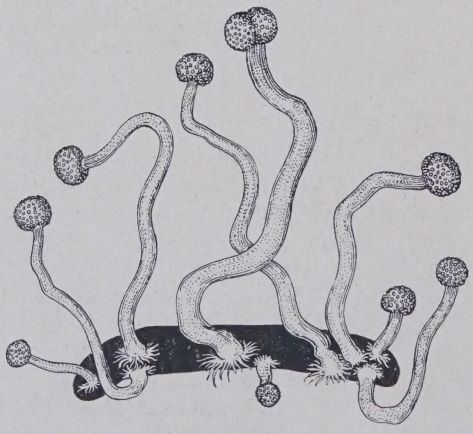


Fig. 179. Mutterkorn (*Claviceps purpurea*): Sklerotium nach der Keimung. Nach Kny.

den Fingern, Amenorrhoe). — Auch für die Veterinärpraxis ist *Claviceps* ein wichtiger Giftpilz (Gangräne u. a.).

Lolium temulentum, ein Gras, wird giftig durch den in ihm und namentlich den Körnern wachsenden imperfekten Pilz (s. o., S. 232).

Drogen liefert *Claviceps purpurea* mit dem „*Secale cornutum*", d. h. den Sklerotien des Pilzes, bzw. dem „*Extractum Secalis*": Wehenförderndes Mittel, Hämostaticum. Beim Volk als Mittel zur Hervorrufung künstlichen Aborts bekannt. Vielfältige Verwendung des „*Secale*" in der homöopathischen Klinik.

Der Maisbrand (Beulenbrand, *Ustilago maydis* auf *Zea mays*) liefert in seinen Sporen Stoffe von ähnlicher Wirkung. Trockenes Sporenmaterial soll zu Abortus führen können.

d) Schwämme.

Als Schwämme sind diejenigen Pilze zusammenzufassen, welche mit stattlich großen, zarten und fleischigen oder derben, zähen, lederartigen oder sogar holzharten Fruchtkörpern ausgestattet sind, d. h. mit Gebilden, die, wie die Sklerotien (s. o. S. 87, Fig. 94), aus pseudoparenchymatisch verflochtenen Hyphen bestehen, aber in ihrem Inneren oder auf ihrer Oberfläche die Sporen des Pilzes tragen. Diese sind Asko- oder Basidiosporen (Fig. 177). Die Schwämme gehören teils den Asko-, zum größeren Teil den Basidiomyzeten an.

Der Vegetationskörper der Schwämme durchwuchert als Saprophyt oder Parasit sein Substrat — den Erdboden, moderndes Holz, lebende Baumstämme. Seine Fruchtkörper entwickeln sich an der Oberfläche des Substrats, seltener unterirdisch. Folgende Fruchtkörperformen sind die wichtigsten:

1. Krusten-, scheiben- und kuchenförmige Fruchtkörper, die mit der ganzen Fläche ihrem Substrat anliegen. Wichtigster Vertreter: *Merulius lacrymans*, der Hausschwamm, dessen höckerige und gefurchte Fruchtkörper (Fig. 191) auf ihrer Oberseite Basidien entwickeln;

2. Kugelige Fruchtkörper (Fig. 190). Die Boviste entwickeln ober- oder unterirdische, mit Basidiosporen gefüllte — die Trüffeln nur unterirdische, mit Askosporen ausgestattete Fruchtkörper;

3. ästige, korallenartig verzweigte, stets oberirdische, oft lebhaft gefärbte Fruchtkörper haben die „Ziegenbärte" (*Clavaria*, Fig. 186); sie sind Basidiomyzeten;

4. die wichtigsten Vertreter der Schwämme sind die mit hutförmigen, meist saftigen Fruchtkörpern ausgestatteten („Hutpilze"; Fig. 187, 188, 189); einige von ihnen sind Asko-, die meisten Basidiomyzeten. Viele Hutpilze sind eßbar, einige giftig (s. u.);

5. konsolartige Fruchtkörper saftiger, lederähnlicher oder holziger Konsistenz entwickeln die an Baumstämmen auftretenden Polyporeen (Basidiomyzeten).

Nähere Analyse beansprucht namentlich der Fruchtkörper der Hutpilze.

Die Hüte sind flachtellerförmige, kalotten- oder glockenähnliche, seltener langgestreckte Gebilde, die von einem Stiel getragen werden. Bei den Morcheln ist der Hut gestreckt und kugelförmig und grubig gefeldert (Fig. 181); in den Gruben entstehen Askosporen. Alle übrigen Hutpilze sind Basidiomyzeten und tragen Basidien und Sporen an der Unterseite des

Hutes. Auf dieser finden sich entweder radial orientierte, vertikal gestellte messerklingenähnliche Lamellen oder „Blätter“ (Fig. 180, a, b) oder eine ansehnlich hohe, aus dicht nebeneinander liegenden, zur Oberfläche des Hutes senkrecht orientierten Röhren gebildete Schicht (Fig. 180 c). Pilze der ersten Art heißen Blätterpilze oder Agarikazeen (Champignon, Fliegenpilz usw.), die der zweiten Art Röhrenpilze oder Polyporazeen. Zu letzteren gehören nicht nur Steinpilz, Satanspilz usw., sondern auch die Konsolschwämme unserer Bäume; bei jenen sind die Röhren der Fruchtkörper voneinander und auch von der über ihnen liegenden Schicht des Fruchtkörpers leicht zu trennen, bei diesen ist die Verwachsung der Röhren fest. Eine kleine Gruppe von Hutpilzen sind die Stoppel- oder Stachelpilze (Hydnazeen), deren Hutunterseite mit basidientragenden Stacheln bekleidet ist und mit einer groben Bürste verglichen werden darf.

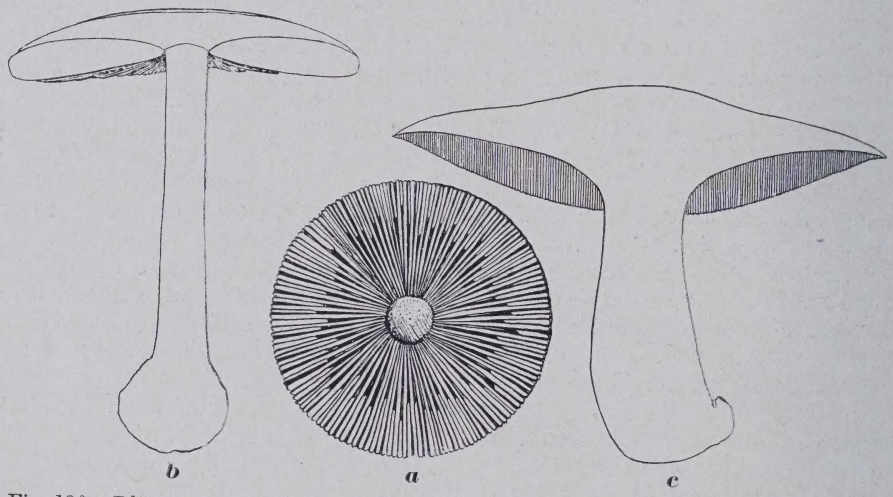


Fig. 180. Blätter- und Röhrenpilze: *a* Hut eines Blätterpilzes nach Loslösung des Stieles von der Unterseite betrachtet. *b* Längsschnitt durch den Fruchtkörper eines Blätterpilzes. *c* Längsschnitt durch den Fruchtkörper eines Röhrenpilzes.

Der Stiel der Hutpilze ist im allgemeinen massiv, solange nicht ein Zerfall des Gewebes oder Zerstörung durch pilzfressende Tiere ihn gehöhlt haben. Die Stiele der Morcheln sind hohl, ihr Lumen steht mit dem des hohlen Hutes in Verbindung (Fig. 181). Bei vielen Pilzen ist der Stiel unten knollenartig verdickt. Bei den Blätterpilzen setzt sich sein oberes Ende im allgemeinen scharf gegen den lamellentragenden Hut ab; beim Eierschwamm laufen die Lamellen am Stiele herab (Fig. 183). Die Oberfläche des Stiels kennzeichnet bei vielen Arten ein weißes oder farbiges Geflecht (*Boletus*-Arten, Fig. 184, 189) oder ein System dunkler Schüppchen (*Boletus*, Fig. 185). Große Schuppen trägt der durch Querrisse gefurchte Stiel des Parasolpilzes. — Zwischen Hut- und Konsolpilzen vermittelt der Leberpilz (*Fistulina hepatica*) insofern, als sein Stiel seitlich angewachsen ist.

Junge Fruchtkörper sind bei vielen Arten von einer Hut und Stiel umspannenden Hülle umgeben die dem fortschreitenden Wachstum des Fruchtkörpers nicht zu folgen vermag und infolgedessen zerrissen wird. Die Reste des unteren Teils der Hülle sind manchmal als kelchähnlich sich öff-

nende Scheide am Stielknollen zu sehen (Fig. 187); als Überbleibsel des den Hut bedeckenden Anteils bleiben auf diesem zuweilen Fetzen und Flocken (Fig. 187, 188) sichtbar, die locker aufliegen und durch Berührung oder Regen leicht entfernt werden können. Die dunkeln Schuppen des Parasolschwammes sind mit dem Hut verwachsen und nicht abwischbar. Zu diesen äußeren kommt bei manchen Arten noch eine innere Hülle oder ein „Schleier", der die Lamellen- oder Röhrenschicht bedeckt; seine Reste sind beim erwachsenen Fruchtkörper namentlich als ein den Stiel umfassender, zuweilen verschiebbarer Ring oder als schlaff herabhängende „Manschette" erkennbar (Fig. 182).

Bei Bestimmung der Pilze und bei Benützung literarischer Hilfsmittel darf niemals außer acht gelassen werden, daß die Fruchtkörper der Pilze stark variieren — in Größe und Form, der Plastik des Hutes und namentlich in der Farbe. Offenbar haben die Qualitäten des Bodens weitgehenden Einfluß auf diese: die Hüte des Steinpilzes nehmen alle Schattierungen zwischen grau und braun an; der wildwachsende Champignon ist heller als der kultivierte. Bei vielen Arten verbleichen die Farben im Alter.

Zur Zeit der Reife lassen die Fruchtkörper eine ungeheure Menge farbloser oder farbiger Sporen fallen. Über ihre Keimungsbedingungen und die Biologie der jungen Myzelien ist erst wenig bekannt, da die Kultur der Schwämme auf künstlichen Substraten erst für wenige Arten gelungen ist. Im großen Maßstab eßbare Schwämme zu kultivieren ist bisher hauptsächlich beim Champignon möglich; auf gedüngten Lauberdebeeten hat man ferner *Tricholoma-* und *Lepiota*-Arten gezogen. Ähnliche, auf Trüffelarten verwandte Bemühungen waren bisher ergebnislos, da jene mit den Wurzeln der Waldbäume in Symbiose leben und von ihnen noch nicht unabhängig gemacht werden konnten. Vielleicht gelingt es, sie — wie bei Kassel (*Tuber aestivum*) — in geeigneten Wäldern Deutschlands einzubürgern.

Reife Fruchtkörper erweisen sich als wenig widerstandsfähig und als leicht zersetzlich. Sie werden von Insektenlarven und Schnecken reichlich aufgesucht und fallen schnell der Fäulnis anheim. Manche zerfließen zu tintenähnlicher Flüssigkeit (*Coprinus*).

Neben morphologischen Merkmalen haben auch viele Pilze andere gute Kennzeichen, namentlich in Geruch und Geschmack. Kartoffelgeruch kommt dem giftigen Knollenblätterschwamm zu, nach Knoblauch schmeckt der Musseron. Viele Giftpilze warnen durch ihren widerlichen Geruch und scharfen Geschmack (*Russula emetica*, *Scleroderma vulgare* u. a.), andere scharfschmeckende Arten sind ungenießbar (*Lactaria rufa*, *Hypholoma fasciculare* usw.). Der giftige Perlpilz (*Amanita rubescens*) riecht rettichähnlich, der gute Brätling (*Lactaria volema*) nach Birnenblüten (s. o. S. 204).

Milchsaft ist den Arten von *Lactaria* eigentümlich. Die volkstümliche Meinung, daß milchende Pilze giftig seien, ist völlig haltlos. An ziegelroter Milch, die beim Eintrocknen grünlich wird, ist vielmehr der vorzügliche Fichten- oder Wachholderreizker (*L. deliciosa*) mit Sicherheit zu erkennen; andere eßbare Pilze (*L. subdulcis*, *L. volema*) haben weiße Milch. Andere milchende Pilze sind giftig (*L. torminosa*) oder doch ungenießbar.

Das farbige Anlaufen verletzter Fruchtkörper, das auf ihren Reichtum an Oxydasen (s. o. S. 124) und den zu rötlichen, grünen oder blauen Pigmenten sich wandelnden Chromogenen zurückzuführen ist, gilt dem Laien mit Unrecht als verdächtiges Zeichen. Einige Speisepilze laufen im Bruch

bläulich an (*Boletus rufus, B. subtomentosus*). Besonders kräftig blau färbt sich der giftige Satanspilz.

Zur Phänologie der Pilze wäre zu sagen, daß sie vorzugsweise im Spätsommer und Herbst ihre Fruchtkörper entwickeln. Die Maipilze (*Tricholoma graveolens*) sind im Mai und Juni zu sammeln, der Eierpilz (*Cantharellus cibarius*) von Mai bis Oktober, desgleichen der Stockpilz (*Pholiota mutabilis*) und der Kapuzinerpilz (*Boletus scaber*). Noch früher erscheinen die Morcheln, die außer der Herbstlorchel (*Helvella crispa*) schon im April sich zeigen. Viele Pilze können noch bis zum November gesammelt werden; die Sommertrüffel (*Tuber aestivum*) reift September bis Dezember. Im allgemeinen sind die Fruchtkörper der Pilze einjährig; die holzigen Konsole mancher Baumbewohner sind mehrjährig.

Die Chemie der Schwämme interessiert hauptsächlich mit Bezug auf den Nährwert der eßbaren Formen und die in manchen Arten enthaltenen Giftstoffe.

Die Analysen der Speiseschwämme nennen vielfach stark auseinandergehende Zahlen; Standorts- und Witterungsverhältnisse haben auf die chemische Zusammensetzung der Pilze vielleicht großen Einfluß. Der Wassergehalt schwankt im allgemeinen zwischen 86—91 %, die Trüffel (77 %) ist wasserärmer. Getrocknete Pilze enthalten 12 % Wasser; die Membransubstanz soll zwischen 6—38 % der Trockensubstanz (Morchel, Eierpilz u. a.) schwanken; der Fettgehalt ist gering (0,2—0,7 %). Der Nährwert der Pilze für den Menschen ist zweifellos sehr beträchtlich — sowohl durch ihren Gehalt an Kohlehydraten (58 % der Trockensubstanz des Steinpilzes) als auch den Reichtum an verdaulicher N-Substanz (2,7 % in frischen, 26—77 % in getrockneten Steinpilzen). Von den Kohlehydraten des Steinpilzes (Zellulose, Glykogen, Glukose, Mannit, gummiähnliche Verbindungen) sind 94,6 % ausnutzbar; selbst von der Zellulose wird ein beträchtlicher Teil resorbiert. Die Ausnützbarkeit des Pilzstickstoffs schwankt zwischen 80 und 90 %. Die von manchen Autoren geäußerte Annahme, daß der Reichtum der Pilzmembranen an Chitin (s. o. S. 192) erheblich und der Besitz der Pilze an resorbierbaren N-Verbindungen gering sei, scheint nicht zutreffend zu sein. Die hier angegebenen Zahlen gelten für die Ausnützung fein gepulverten Pilzmaterials (Steinpilze, nach Schmidt, Klostermann und Scholta); über den Unterschied, der hierin zwischen solchen und nicht zerkleinertem Material besteht, gehen die Meinungen auseinander.

Gegen den Genuß weicher, saftiger Fruchtkörper in rohem Zustand (Champignon, Brätling, Steinpilz, junge Boviste usw.) ist nichts einzuwenden. Im allgemeinen sind die Pilze zu kochen oder zu braten. Behandlung in eisernen Pfannen usw. macht sie leicht unscheinbar. Fertige Pilzgerichte sind dem Verderben bei heißer Witterung stark ausgesetzt.

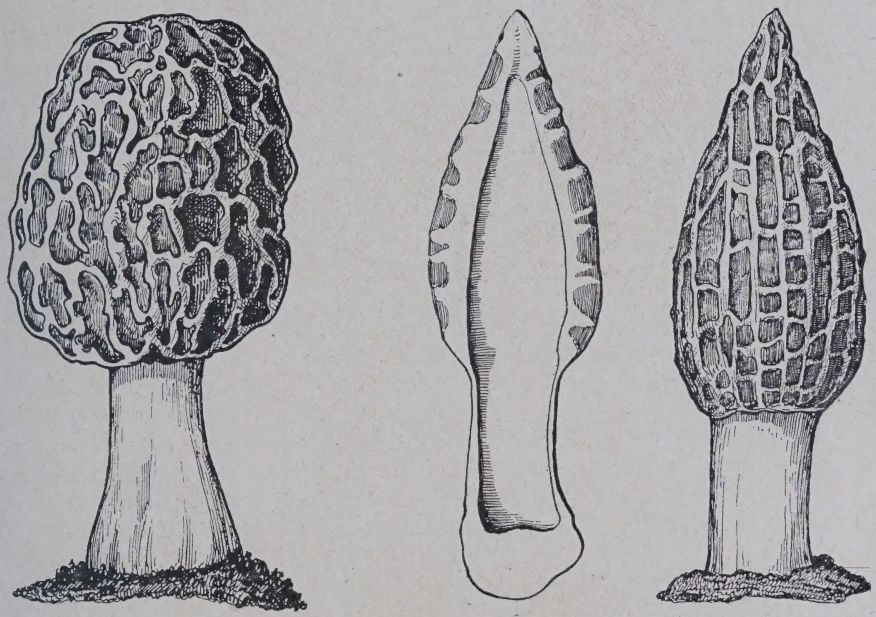
Den 200 eßbaren Pilzarten der deutschen Flora stehen 12 Arten giftiger Pilze gegenüber. Freilich können auch die als eßbar bezeichneten Arten Vergiftungserscheinungen hervorrufen, wenn sie in verdorbenem Zustand genossen werden.

1915 starben an Pilzvergiftung im Deutschen Reich 92, 1916 93 Personen; fast alle Vergiftungsfälle sind auf den Genuß des Knollenblätterpilzes (Fig. 187) zurückzuführen, nur wenige auf die Lorchel und den Giftreizker; andere Giftpilze haben nur ganz vereinzelt zu Todesfällen geführt.

Über die spezifischen Giftstoffe der Giftpilze und die giftig wirkenden Zersetzungsprodukte ist nicht viel bekannt.

Neben kochbeständigen Verbindungen, wie dem Muskarin, einem Cholinderivat, das im Fliegenpilz und anderen Arten gefunden wird, kennen wir Pilzgifte, die durch hohe Temperaturen wie durch Beeinflussungen anderer Art leicht zerstört werden (*Helvella*). Im Fliegenpilz treten neben dem schwach giftigen Cholin und dem energisch wirkenden Muskarin noch andere Giftstoffe auf. Über den Einfluß, welchen Standort und Witterung auf den Gehalt der Pilze an Giftstoffen haben, liegen leider erst wenige Beobachtungen vor.

Manche Arten scheinen die giftigen Stoffe auf die Oberhaut des Hutes zu lokalisieren, nach deren Beseitigung die Pilze genießbar und unschädlich werden sollen (manche *Amanita*-Arten, s. u.).



a *b*

Fig. 181. Morcheln: *a Morchella esculenta*, *b M. conica*, Längsschnitt und Außenansicht. Eßbar.

Allgemein gültige Merkmale, welche die Unterscheidung giftiger und ungiftiger Arten gestatteten, gibt es nicht. Weder das Auftreten der Milch oder der Farbenumschlags angebrochener Stellen (s. o.), noch die Verfärbung der dem Pilzgericht zugesetzten Zwiebel oder des Salzes, das Anlaufen silberner Löffel, noch viele andere volkstümliche Regeln und Rezepte verdienen Beachtung.

Die durch Giftpilze verursachten Beschwerden machen sich oft (*Sclerodermа*, *Russula emetica*, *Boletus satanas*) nach ½ oder 1 Stunde geltend; der Knollenblätterpilz (*Amanita phalloides*) wirkt erst nach 10—16 Stunden.

Für das ***Lebensmittelgewerbe*** liefern viele Pilze wichtige Nahrungsmittel und Gewürze; gefährlich werden sie ihm durch mehrere giftige Arten. Die wichtigsten von ihnen sind in folgende Gruppen einzureihen: 1. Trüffeln — kugelige unterirdische Fruchtkörper mit Askosporen; 2. Morcheln —

Hutpilze (Fig. 181) mit Askosporen; 3. Blätterpilze — Hutpilze mit basidientragenden Lamellen (Fig. 180); 4. Röhrenpilze — Hutpilze, seltener Konsolpilze, mit Röhren und Basidien (Fig. 180); 5. Stachelpilze — Hutpilze mit bestacheltem Hut (Basidiosporen); 6. Ziegenbärte — korallenähnlich verzweigte Fruchtkörper (Basidiosporen, Fig. 186); 7. Boviste — kugelige oberirdische Fruchtkörper (Basidiosporen).

A. Speiseschwämme.

1. Trüffeln. — Die Schwarztrüffel (Sommertrüffel, *Tuber aestivum*) entwickelt in Eichen-, Buchen- und Kastanienwäldern ca. 50 cm unter der

Fig. 182. Champignon (*Psalliota campestris*). Eßbar.

Bodenoberfläche September bis November ihre 2,5—5,5 cm großen, kartoffelähnlichen (ital. tartufoli, Stammwort unserer Kartoffel!) Fruchtkörper außen schwarzbraun, innen weiß, bräunlich marmoriert; durch pyramidenförmige Warzen rauh. Große, mikroskopisch leicht nachweisbare Asci mit (höchstens 4) stacheligen Askosporen (25—45 μ lang). — Die französische (*Tuber brumale*) und die Perigordtrüffel (*T. melanosporum*), vorzugsweise in Frankreich; Fruchtkörper bis faustgroß und 1 kg schwer, bei jener im Inneren aschgrau, bei dieser schwarz mit heller Aderung. Geschätzte Delikatesse, Gewürz. Aphrodisiacum (Brillat-Savarin!). — Die Weißtrüffel (*Chaeromyces maeandriformis*, Juli bis September), weiter verbreitet als die *Tuber*-Arten und in Süddeutschland häufig; Fruchtkörper hell, kartoffelähnlich, innen weißlich, dunkel marmoriert. — Giftige Trüffeln gibt es nicht, doch liegt Verwechslung mit dem ungenießbaren „Hirschbuff" nahe

(Hirschbrunst, *Elaphomyces granulatus;* Fruchtkörper braun bis rostrot, ganz von glatten Sporen erfüllt. Schale brüchig; Aphrodisiacum, dem das Rotwild nachgeht; Veterinärpraxis) und dem giftigen, zu den Bovisten gehörigen *Scleroderma vulgare* (s. u., Fig. 190).

2. Morcheln. — Durchweg Frühlingspilze (s. o. S. 272). Speisemorchel (*Morchella esculenta*) mit walnußähnlich gefeldertem eiförmigem Hut (Fig. 181); die Spitzmorchel (*M. conica*) hat einen spitz-kegelförm'gen Hut; Längsreihen der Felderung ziemlich regelmäßig (Fig. 181). — *Gyromitra esculenta* (*Helvella esc.*), volkstümlich Morchel, in der gelehrten Literatur Lorchel (Speiselorchel) genannt, hat einen mit gehirn-

Fig. 183. Eierschwamm (*Cantharellus cibarius*). Eßbar.

artigen Windungen ausgestatteten, über den Stiel herabgebogenen gelappten Hut; im Bruch rötliche Verfärbung. Vorzüglicher Speisepilz, der in frischem Zustand giftig ist, aber durch Trocknen oder Abbrühen leicht entgiftet werden kann; das Brühwasser darf nicht genossen werden. Auch die hohe Temperatur siedenden Fettes zerstört offenbar das Gift; welche Umstände es erklären, daß viele Personen nach dem Genuß nicht entgifteter Pilze gesund bleiben, bedarf näherer Prüfung. Nach neuen Untersuchungen wirkt auffälligerweise der Genuß einer zweiten Morchelportion schädlich, auch wenn die erste anstandslos vertragen worden ist (Dittrich). — Die einzige Herbstmorchel ist *Helvella crispa* (krause Morchel bzw. Lorchel), deren Hut aus 3 oder 4 krausen, sattelförmig gebogenen Lappen gebildet wird; eßbar.

3. Blätterpilze. — Der durch seine Verbreitung und (s. o., S. 271)

Kultivierbarkeit wichtigste ist der Champignon (*Agaricus campestris* = *Psalliota campestris*); von Juli bis Oktober auf pferdedungreichen Plätzen. Seine Merkmale gut zu beachten ist wegen seiner Ähnlichkeit mit dem giftigen Knollenblätterpilz (s. u.) dringend geboten: den Champignon kennzeichnen sein starker Anisgeruch und die rötliche, purpurne, schließlich schwärzliche Farbe seiner Lamellen (Fig. 182); junge Exemplare haben so zartgefärbte Lamellen, daß Verwechslung mit dem Knollenblätterpilz besonders nahe liegt. Stiel zerbrechlich, Manschette bleibend, Oberhaut des weißen oder bräunlichen Hutes abziehbar, stets mehr oder minder aufgerissen, niemals mit abwischbaren Warzen belegt. — Der Eierpilz (Pfifferling, Gelbmännchen, Galluschel, *Cantharellus cibarius*), weitverbreiteter, Juni bis Oktober auftretender, beliebter und leicht erkennbarer Pilz: kreiselförmiger Hut, herablaufende Lamellen, der ganze Fruchtkörper dottergelb

Fig. 184. Steinpilz (*Boletus edulis*). Eßbar.

(Fig. 183). Das Fleisch weiß, etwas zäh, langfaserig, gut haltbar; Pfeffergeschmack. Ungenießbar der ihm ähnliche „falsche Eierpilz" (*C. aurantiacus*); durch unterschiedliche Färbung der Hutseiten (oben hell orange, unten dunkel orangerot) von dem gleichmäßig gefärbten „echten" unterschieden. — Der Fichtenreizker (*Lactaria deliciosa*, August bis November), kenntlich an dem ziegelroten, später ins Graue verblassenden, oberseits konzentrisch gezeichneten Hut; Milch (s. o.) rötlich, hinterläßt beim Eintrocknen grüne Flecke; gibt dem rohen Pilz einen scharfen Geschmack, der bei der Zubereitung völlig verloren geht. — Der Brätling (*L. volema*, Juli bis August) mit weißer, süßlich schmeckender Milch; von ähnlichen giftigen Arten durch den Trimethylamingeruch unterschieden. — Der Ritter- oder Maipilz (*Tricholoma graveolens*, April bis Juni), mit weißem oder gelblichem Hut und weißem, kleinfingerhohem Stiel, Lamellen vor dem Ansatz an ihn buchtig ausgerandet. Starker Mehlgeruch. — Der Parasolpilz (*Lepiota procera*, Juli bis Oktober) ist der stattlichste Pilz unserer Flora. Jugendlich paukenschlägelähnliche, später regenschirmähnliche, bis 30 cm hohe Hüte;

verschiebbarer Ring am Stiel. Auf dem Hut entwickeln sich durch Sprengung der äußersten Lagen dachziegelähnliche Schuppen. Stiel querrissig, unten knollig. Anisgeruch. — Der Hallimasch (*Armillaria mellea*, September bis Oktober), ein auf Nadel- und Laubbäumen parasitisch lebender Pilz mit

Fig. 185. Rothäubchen (*Boletus rufus*). Eßbar.

weißberingtem Stiel; Hut olivgrün, später honiggelb mit brauner Mitte; anfangs mit dunklen Faserbüscheln besetzt, die der Regen später beseitigt. — Der Stockpilz (*Pholiota mutabilis*, Mai bis November), zu Hunderten auf Buchen- und Erlenstümpfen; brauner Ring, braune Lamellen, Obstgeruch; der ihm ähnliche, ungenießbare Schwefelkopf (*Hypholoma fasciculare*, Mai bis November), an Baumstümpfen verschiedenster Art, hat gelbe, später

graugrüne Lamellen, kaum erkennbare Reste eines Ringes und unangenehmen, bitteren Geschmack. — Der Knoblauchspilz (Musseron, *Marasmius scorodonius*, Juni bis Oktober); dünner, fleischloser Pilz mit flachem, weißem Hut und drahtdünnem, schwarzem Stiel; Gewürz.

4. Röhrenpilze. — Der wichtigste eßbare Röhrenpilz ist der Steinpilz (*Boletus edulis*, hauptsächlich August bis Oktober); Stiel weiß oder leicht gebräunt, mit weißem Geflecht, unten dicker als oben. Hut anfangs glockig und halbkugelig, später tellerartig ausgebreitet (Fig. 184). Die Röhrenmündungen erst weiß und von mehligem Belag überzogen, später grünlich. Fleisch weiß, im Bruch kein Farbenumschlag. Gefährlicher Doppelgänger: Satanspilz (s. u.). — Der Butterpilz (*B. luteus*) unterscheidet sich von allen ihm ähnlichen durch den Besitz eines bräunlichen Stielringes; über diesem ist der Stiel braun punktiert. Hut gelb bis braun, Röhren gelb; Fleisch im Bruch bleibt weiß. — Kapuzinerpilz (*B. scaber*, Mai bis Oktober) bevorzugt die Nähe der Birken („Birkenpilz"). Stiel schlank, mit weißen, später schwarzen Schüppchen, Hut schwärzlichbraun, Fleisch im Bruch wenig grau verfärbt. — Rothaut, Kapuziner oder Rothäubchen (*B. rufus*, Juli bis Oktober) hat rotbraunes Dach (Fig. 185) und rotbraun- oder schwarzschuppigen Stiel; die rote Haut des Hutes reicht über den Hutrand und ist bei jugendlichen Individuen eine Strecke weit mützenartig über den Stiel gespannt, an älteren noch eine Zeitlang als häutiger Saum am Hut sichtbar. Bruch bläulich anlaufend. — Ziegenlippe (*B. subtomentosus*, Juli bis Oktober) mit olivgrünem oder graubraunem, in der Farbe stark variierendem Hut, dessen Oberseite leicht filzig erscheint. Röhren gelb, Stiel bräunlich oder rot angelaufen. Im Bruch bläulichrot anlaufend. Wie diese sind auch alle anderen Röhrenpilze eßbar, soweit sie nicht durch rote Röhren und rote Felderung des Stieles sich kenntlich machen (*B. satanas*, *B. pachypus*, s. u.). — Leberpilz (*Fistulina hepatica*, August bis Oktober), Hut seitlich mit einem Stiel oder ohne solchen unmittelbar an Eichenstümpfen u. a. angeheftet. Auch alle anderen konsolähnlichen Baumbewohner sind eßbar oder wenigstens ungefährlich.

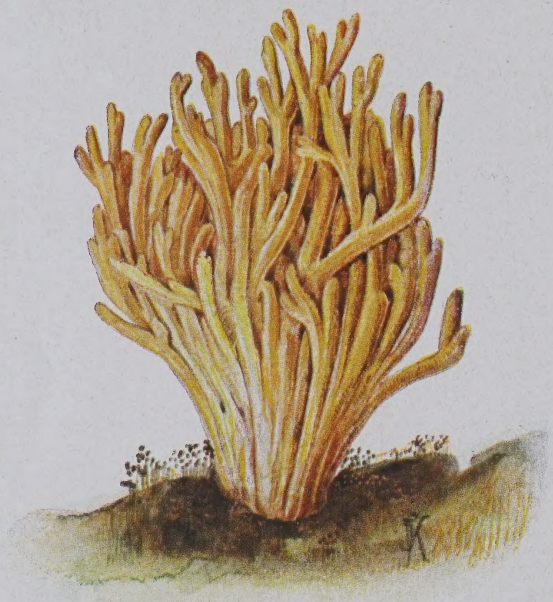


Fig. 186. Ziegenbart (*Clavaria flava*). Eßbar.

5. Stachelpilze. — Kleine, leicht kenntliche Gruppe. Habichtspilz (*Hydnum imbricatum*, August bis Oktober); die braune Hutoberfläche

reißt zu sparrig gespreizten Schuppen auf, die sie einem Vogelgefieder ähnlich machen; Unterseite durch die Stacheln fellartig. — Stoppelpilz (*H. repandum*, Juli bis November), gelbrot bis semmelgelb.

6. Ziegenbärte. — Der gelbe Ziegenbart (*Clavaria flava*, Fig. 186, September bis Oktober), trägt an einem 2½ cm hohen Strunk ein bis 15 cm hohes, gelbes, brüchiges Astwerk; der Traubenziegenbart (*Cl. botrys*, Juli bis Oktober), fast ebenso hoch mit dicht geflochtenem, weißlichem Ast-

Fig. 187. Knollenblätterpilz (*Amanita mappa*). Giftig.

werk. Der beste ist die Glucke (*Sparassis ramosa*, August bis November); dichte, blattartig verbreiterte Ästchen; Fruchtkörper 5—10 cm hoch, bis 25 cm breit; Kiefernwälder.

7. Boviste. — Der schwärzliche Bovist (*Bovista nigrescens*, September bis November) entwickelt 3—5 cm breite, kugelige Fruchtkörper; eine äußere Hülle schält sich ab, die innere öffnet sich oben mit einem die Sporen entlassenden Porus. In jungem, noch weißem Zustand eßbar. — Der Warzenstäubling (*Lycoperdon gemmatum*, Juni bis November); verkehrt flaschenförmiger, mit stacheligen Warzen besetzter Fruchtkörper; nur in jugendlichem Zustand genießbar.

B. Giftpilze.

Es gibt keine giftigen Trüffeln, keine giftigen Stachelpilze oder Ziegenbärte. Über die Giftigkeit der Morcheln s. o.

1. Blätterpilze. — Von allen der wichtigste ist der Knollenblätterpilz, der durch seine Ähnlichkeit mit dem Champignon (s. o.) verhängnisvoll werden kann. Blätter nie anders als weiß, Stiel schlank, biegsam oben verjüngt, mit hinfälliger Manschette; unten knollig verdickt. Es werden

Fig. 188. Fliegenpilz (*Amanita muscaria*). Giftig.

zwei Formen unterschieden: *Amanita phalloides*, der olivgrüne — und *A. mappa*, der gelbliche Knollenblätterpilz (Fig. 187). Ersterer August bis Oktober in Eichen- und Buchenbeständen, der zweite Juli bis September unter Nadelholz. *A. phalloides* hat niemals Warzen auf dem Hut, *A. mappa* deren viele, sofern sie nicht bei der Entfaltung des Fruchtkörpers abgestreift oder durch Regen abgespült worden sind. *A. phalloides* ohne ausgeprägten Geruch, *A. mappa* Kartoffelgeruch. *A. phalloides* scheint noch gefährlicher zu sein als *A. mappa*.

Der Fliegenpilz (*A. muscaria*, August bis Oktober, Fig. 188), leicht kenntlich an dem scharlachroten, mit weißen Flocken belegten Hute, Stiel

unten knollig verdickt. Manschettenring vorhanden. Abgehäutete Pilze sind ungiftig; in Rußland soll er nach Abbrühen und Beseitigung des Brühwassers genossen werden. In Ostsibirien und Kamtschatka Herstellung berauschender Getränke (bis zur Einführung des Branntweins), auf deren erregende Wirkung auch manche Episoden der nordischen Sage anzuspielen scheinen: Übereinstimmung der Symptome der Fliegenpilzvergiftung mit den Kennzeichen der „Berserkerwut". — Der Perlpilz (*A. rubescens*, Juli

Fig. 189. Satanspilz (*Boletus satanas*). Giftig.

bis September) hat seinen deutschen Namen nach den konisch-erhabenen Flocken der rotbräunlichen Hutoberfläche; den lateinischen nach der rötlichen Farbe der Lamellen, den roten Knollen des Stiels, der fleischroten Farbe des unter der abziehbaren Haut gelegenen Hutfleisches. Nach ihrer Entfernung genießbar, sogar besonders wohlschmeckender Speisepilz. — Der Pantherpilz (*A. pantherina*, Juli bis Oktober) hat graubraunen Hut, dessen weiße Flocken in konzentrischen Ringen stehen. Gilt nach Entfernung der Haut des Hutes für genießbar. — Der Speitäubling (*Russula emetica*, Juli bis November) mit rotbraunem, schmierigem Hut und spröden, weißen

Blättern. Unangenehmer Geruch, scharfer Geruch, kein Ring, keine Hutflocken. — Der Giftreizker (*Lactaria torminosa*, Juli bis November), vorzugsweise unter Birken („Birkenreizker"); Hut am Rand weißzottig, fleischrot bis weinrot, Milch weiß.

2. Röhrenpilze. — Der Satanspilz (*Boletus satanas*, August bis September), gleicht im Habitus dem Steinpilz, unterscheidet sich aber von ihm deutlich durch die blutroten Röhrenmündungen und den purpurgenetzten Stiel (Fig. 189); Fleisch im Bruch rot, später blau und grün. — Der Dickfuß (*B. pachypus*, August bis Oktober) läuft im Bruch blaugrün an; gelbe Röhren, rotes Stielnetz; Wanzengeruch.

3. Boviste. — Der Kartoffelbovist (*Scleroderma vulgare*, Juni bis November) hat oberirdische, kartoffelähnliche, 3—6 cm breite Fruchtkörper mit korkähnlicher, rissig gefelderter Rinde; blauschwarze Innenmasse von unangenehmem Geschmack (Fig. 190).

Fig. 190. Kartoffelbovist (*Scleroderma vulgare*). Giftig.

Für ***Baugewerbe*** und Hygiene hat vor allem der holzbewohnende und holzzerstörende Hausschwamm (*Merulius lacrymans*) große Bedeutung. Er verbreitet sich vor allem in Balken und Dielen der Wohnhäuser, wenn der Luftzutritt zu feuchten Holzanteilen behindert ist. Seine Nähe verrät sich durch üblen, dumpfigen Geruch. Durch Spalten und Löcher gelangt das Myzel zum Licht und entwickelt seine flachen, kuchenähnlichen, goldbraunen, von weißem erhabenen Rand umsäumten Fruchtkörper (Fig. 191), die sich von dem Substrat ablösen lassen. Ihre Unterseite ist violett und samtähnlich. Der Aufenthalt in Räumen, die von *Merulius*-Dünsten erfüllt sind, ist lästig; gesundheitsschädigende Wirkungen besonderer Art scheint er nicht nach sich zu ziehen.

Drogen liefern einige Röhrenpilze. *Polyporus officinalis* („*Fungus laricis*", „*Boletus lar.*", „*Agaricum*", „*Agaricus albus*", „*A. mundatus*", Lärchenschwamm), an Lärchen häufig, liefert ein altes Heilmittel (Purgans, Mittel gegen Nachtschweiß, „*Pilulae nobiles Jesuitarum Pragensium*"); Bestandteile bitterer Schnäpse. *P. fomentarius* (*Fomes fomentarius*) liefert mit den inneren, flockigen Schichten seines die Buchen bevorzugenden großen Konsolfruchtkörpers den Zunder oder Feuerschwamm.

Weitere Pilze sind in der Volksmedizin und homöopathischen Schule gebräuchlich: *Amanita muscaria* (s. o.) und der Sporenstaub des kopfgroßen Riesenbovists *(Lycoperdon bovista)*.

Fig. 191. Hausschwamm (*Merulius lacrymans*); Hälfte eines Fruchtkörpers.

Hilfsmittel zur Bestimmung der Schwämme gibt es in großer Auswahl und allen Größenordnungen. Atlanten: GRAMBERG, Die Pilze unserer Heimat. 2 Bde. 116 Tfln. Leipzig (Quelle & Mayer) 1913. Wandtafeln: Unsere wichtigsten Pilze. 3 Tfln. Stuttgart (Lutz) 1909. GRASERs naturwiss. Tafeln Nr. 1 und 2. Annaberg (Grasers Verlag). Kleine Werke mit Abbildungen: OBERMEYER, Pilzbüchlein. 2 Bde. Stuttgart (Lutz). SCHNEGG, Unsere Speisepilze. München (Natur und Kultur) 1917. Unsere Giftpilze (ebenda) und viele andere ebenso vorzügliche.

IV. Flechten.

Die Flechten (Lichenes) sind thallophytische Gewächse, deren Vegetationskörper von Anteilen verschiedener systematischer Zugehörigkeit, von je einem Pilz und einem meist einzelligen chlorophyllhaltigen Organismus (Grünalge, seltener Blaualge), aufgebaut wird. Die Beteiligung eines autotrophen Lebewesens an der Synthese der Flechten befähigt diese, auch an Lokalitäten zu gedeihen, an welchen keinerlei organische Stoffe dem Substrat entnommen werden können (s. o., S. 115).

Unter dem Mikroskop sind bei Untersuchung des Flechtenthallus die Hyphen des Pilzes erkennbar, welche die meist kugligen Algen („Gonidien") umklammern und ihnen einen Teil der durch ihre assimilatorischen Leistungen entstandenen Stoffe entziehen. Der Pilz des Flechtenthallus bildet seine Sporen nach Art der Asko-, seltener der Basidiomyzeten: die Sporen können unter günstigen Bedingungen keimen, die aus ihnen entstandenen

Pilze aber erst dann zu einer Flechte werden, wenn sie mit der zu ihnen gehörigen Alge zusammentreffen. Ohne zusagende Alge ist der Flechtenpilz nicht lebensfähig, während die Flechtenalgen von der Symbiose unabhängig und auch freilebend anzutreffen sind. Außerdem vermehren sich die Flechten durch Soredien, d. h. ablösbare kleine Stückchen des Flechtenthallus, welche bereits beide Komponenten — Pilz und Algen — in sich enthalten.

Chemisch kennzeichnet die Flechten ihr Reichtum an Flechtensäuren (s. o. S. 207).

Der Thallus der Flechten gleicht dünnen Krusten, breiten Bändern und Lappen oder reichverzweigtem, zartem Astwerk.

Dem ***Lebensmittelgewerbe*** liefert der band- und blattartig gestaltete Thallus der *Cetraria islandica* (isländisches Moos, weitverbreitet in den deutschen Mittelgebirgen, in Nordeuropa und Nordamerika) ein kohlehydratreiches Material: die an Zetrarsäure reichen Flechten werden durch Pottasche entbittert, hiernach gemahlen und mit Getreidemehl (1 : 2 bis 1 : 6) zu Brot verbacken. Verwendung in Nordeuropa; als Ersatzmittel während des Krieges auch bei uns empfohlen. Auch die reich verästelte Renntierflechte *(Cladonia rangiferina)*, ein wichtiges Tierfutter Nordeuropas, kann in gleicher Weise verwendet werden.

Als ***Droge*** ist wiederum *Cetraria islandica* zu nennen: sie liefert der Apotheke den „*Lichen islandicus*“ (Mucilaginosum, Bittermittel, Bestandteil verschiedener Alpenteearten u. a.). Wie *Cetraria* steht auch *Sticta pulmonaria* (Lungenflechte, Lungenmoos, „*Herba pulmonariae arboreae*“), eine am Fuß alter Eichen und Buchen auftretende, breitblättrige, saftig-lederige Flechte, beim Volk im Ruf eines Schwindsuchtmittels.

Pathogene Arten gibt es unter den Flechten nicht; die von der klinischen und der volkstümlichen Terminologie als „Flechten“ bezeichneten Hautaffektionen (Lichen ruber u. a.) haben nichts mit den vom Botaniker beschriebenen zu tun und höchstens in der kreisscheibenartigen flächenhaften Ausbreitung eine geringe Ähnlichkeit mit ihnen.

V. Moose.

Die Moose (Bryophyten) sind Archegoniaten (s. o. S. 160, Fig. 142), d. h. mit Archegonien ausgestattete Gewächse, deren Vegetationskörper teils Thallusgestalt (Fig. 13) hat, teils beblätterten Stämmchen gleicht (Fig. 148). Echte Wurzeln fehlen ihnen; Gefäße gehen ihnen ebenso ab wie den bisher besprochenen Thallophyten.

Über Vermehrung und Generationswechsel vgl. das zu Fig. 148 Gesagte. Der Gametophyt ist stets autotroph. Der Sporophyt lebt auf jenem und wird von ihm ernährt.

Man unterscheidet Lebermoose (Hepaticae), thallose oder beblätterte Formen mit dorsiventralem — und Laubmoose (Musci) mit radiärem oder bisymmetrischem, stets beblättertem Vegetationskörper.

Volkstümlich werden als „Moose“ auch Flechten und Algen mit krausem Thallus (s. o. *Cetraria*, Agar-Agar) bezeichnet.

Die Torfmoose (*Sphagnum*-Arten), blaßgrüne, reich verzweigte, kleinblättrige Formen, saugen Wasser usw. leicht auf, eignen sich daher für Verbände, Baumwollersatz usw. *Hylocomium*-, *Hypnum*- u. a. Laubmoosarten, beliebtes Stopf- und Dichtungsmaterial.

Es gibt unter den Moosen weder Heil- noch Giftpflanzen.

VI. Farne.

Die Farne im weitesten Sinne des Wortes (Pteridophyten) sind Archegoniaten, deren Sporophyten stets autotroph, kormophytisch gebaut, mit Wurzeln ausgestattet und von Gefäßen (oder Tracheiden) durchzogen sind. Homospor d. h. mit gleichartigen — oder heterospor, d. h. mit ungleichartigen Sporen (Makro- und Mikrosporen, s. S. 43) ausgestattet.

Der Gametophyt ist klein, kurzlebig, thallophytisch, autotroph oder heterotroph.

Drei Untergruppen werden unterschieden:

1. **Farne** im engeren Sinne des Wortes (Filizineen) sind die weitaus umfangreichste. In der einheimischen Flora sind sie durch zahlreiche krautartige Formen vertreten, deren Achse als kriechendes, wenig verzweigtes Rhizom entwickelt ist und am Ende eine Gruppe sommergrüner, meist reich gegliederter Blätter trägt. Außer der kleinen, als Wasserfarne (Hydropterides) bezeichneten Untergruppe sind alle Farne homospor. Ihre Sporen stehen in allen Fällen auf der Unterseite der Blätter in dichten, rundlichen oder strichförmigen Gruppen (Sori), die bei manchen Arten (*Aspidium*, *Athyrium* u. a.) von einem häutigen Schüppchen (Indusium, Schleier, Fig. 52) bedeckt werden oder im Schutz des eingeschlagenen Blattrandes sich entwickeln (*Pteridium*) oder jeder Bedeckung entbehren (*Polypodium*). Beim Königsfarn (*Osmunda regalis*) sind die sporangientragenden Abschnitte der Blätter zu rispenähnlichen Gebilden, die keine grünen Spreitenteile mehr besitzen, reduziert.

Aus den Sporen entwickelt sich ein Prothallium, das männliche und weibliche Geschlechtsorgane produziert (Gametophyt); bei den meisten Farnen geht das Prothallium normalerweise meist schon während der ersten Entwicklungsstadien des Sporophyten zugrunde. Im allgemeinen ist das Prothallium der homosporen Farne ein oberirdisch lebendes, mit Chlorophyll ausgestattetes, blattartiges Pflänzchen; bei der Mondraute (*Botrychium*) und der Natternzunge (*Ophioglossum*), welche alljährlich nur ein Blatt entwickeln, von welchem eine Hälfte Sporangien produziert, sind die Prothallien unterirdische, chlorophyllfreie, als Saprophyten vegetierende, langlebige Gebilde. Die heterosporen Farne besitzen nur sehr kleine Prothallien, die niemals Blattgestalt erreichen; die aus den Mikrosporen sich entwickelnden Prothallien bestehen nur aus wenigen Zellen.

Dem ***Lebensmittelgewerbe*** dient der Adlerfarn (*Pteridium aquilinum* = *Pteris aquilina*); seinen Namen hat er nach der „adlerähnlichen" Figur, als welche die Leitbündel auf den quer angeschnittenen Basen der Blattstiele sichtbar werden. Andere lesen in diesem Querschnittbild die Initialen J. C. und nennen daher den Farn bzw. sein Rhizom Jesus-Christuswurzel. Weit verbreitet in Kiefernwäldern, auf Mooren usw. Seine Blätter sind mehrfach gefiedert, bis 2 m lang. Sori randständig, vom Blattrand überdeckt. Das Rhizom stärkereich; es wird daher auf den kanarischen Inseln und anderwärts (*P. esculentum* in Neu-Holland) zur Brotbereitung verwertet. Umfangreiche Versuche sind während des Krieges in Aachen angestellt worden: getrocknete und zermahlene Rhizome liefern ein schmackhaftes, aber grobes, sehr rohfaserreiches Gebäck. Rhizom und Blätter sind giftig durch ihren Reichtum an einem der Filixsäure (s. u.) ähnlichen Stoff, der aber durch Trocknen vollkommen zerstört zu werden scheint. Die

Blätter rufen an Pferden bedenkliche Störungen hervor; in manchen Gegenden werden daher als Streu nur die herbstlich entfärbten, hellbronzefarbenen Wedel benutzt. Junge Blattstiele wurden als Gemüse empfohlen (Abkochen, Beseitigung des Brühwassers).

Fig. 192. Ackerschachtelhalm (*Equisetum arvense*): verzweigter unfruchtbarer Sproß.

Drogen. — Wurmfarn (Schildfarn, *Aspidium filix mas*), ein ebenfalls in Deutschland weitverbreiteter Farn, dessen Blätter (Fig. 52) bis 1 m lang werden. Sori rundlich, bedeckt. Das Rhizom („*Rhizoma filicis*", Taenifugum) enthält Filixsäure und Filmaron, letzteres die antihelmintisch wirkende Substanz, leicht löslich in fetten Ölen. Giftwirkungen der Rhizombestandteile: Erbrechen, Durchfall, Krämpfe, Blindheit.

Mehrere andere Farne waren früher gebräuchlich, einige spielen als Heilkräuter hier und da im Volk noch ihre Rolle. Engelsüß (*Polypodium vulgare*) mit einfach gefiederten, 20—50 cm langen Wedeln; der Wurzelstock („*Radix filiculae dulcis*") enthält Zucker und Glyzyrrhizin (s. o., S. 196); Herstellung eines süßen Infuses (Erkrankung der Luftwege). — Hirschzunge (*Scolopendrium officinarum*) mit ungefiederten, zungenförmigen Wedeln („*Herba linguae cervinae*", früher gegen Lungen-, Leber-, Milzleiden empfohlen). Auch die „kleine Hirschzunge" (*Ceterach officinarum*), eine nicht häufige Form, deren fingerlange Wedel durch silberige Schuppenverkleidung auffallen, der Königsfarn (*Osmunda regalis*, s. o.), u. a. waren offizinell; *Botrychium* und *Ophioglossum* stehen im Ruf der Zaubermittel.

Als Spreuschuppen oder Spreublätter (Pal ae) bezeichnet man die flachen, haarähnlichen Anhangsgebilde, welche den Stammscheitel, die Blattstiele und Spreiten vieler Farne bedecken. Als „*Penghawar Yambi*" kommen die Spreublätter des tropischen *Cibotium Baromez* in den Handel (energisch wirkendes Haemostaticum, „*Paleae stypticae*"; Polstermaterial).

Giftpflanzen. Über *Pteridium aquilinum* und *Aspidium filix mas* s. o.; ob auch andere Farne, insbesondere ihre Rhizome, giftig sind, bedarf der Prüfung.

2. **Schachtelhalme** (Equisetineen). In der rezenten Flora ist die Gruppe nur durch eine Gattung (*Equisetum*) vertreten. Der Sporophyt hat eine

reichverzweigte Achse (Fig. 192); die Blätter sind klein, wirtelständig, zu gezähnten Scheiden verwachsen (Fig. 53). Am Ende der Sprosse entwickeln sich die „Blüten“: ährenähnliche Gruppen von Sporophyllen, die das Wachstum der Sprosse abschließen. An den Sporophyllen zahlreiche Sporangien; homospor. Die Prothallien (Gametophyten) klein, unscheinbar, grün, kurzlebig.

Über den Reichtum der Sporophyten an Kieselsäure s. o. S. 182.

Equisetum arvense, der weitverbreitete Ackerschachtelhalm, läßt aus seinen überwinternden Rhizomen im ersten Frühjahr gelbliche, unverzweigte, blühende (Fig. 53), später grüne, monopodial verzweigte, unfruchtbare Sprosse (Fig. 192) entstehen. Die meisten *E.*-Arten produzieren nur eine Form von Sprossen.

Droge: Die „*Herba equiseti arvensis*“, d. h. die getrockneten unfruchtbaren Halme des Ackerschachtelhalms (s. o., Fig. 192), liefert einen ebenso wohlfeilen wie wohlschmeckenden und wegen seines SiO_2-Reichtums als Tuberkulosemittel wertvollen Tee (Kobert); Bestandteil des volkstümlichen „Homero-Tees“. Auch *E. hiemale*, eine an nassen Standorten auftretende, unverzweigte oder spärlich verzweigte Form, die frühzeitig die Zähne ihrer Blattscheiden abfallen läßt, wird ähnlich benutzt.

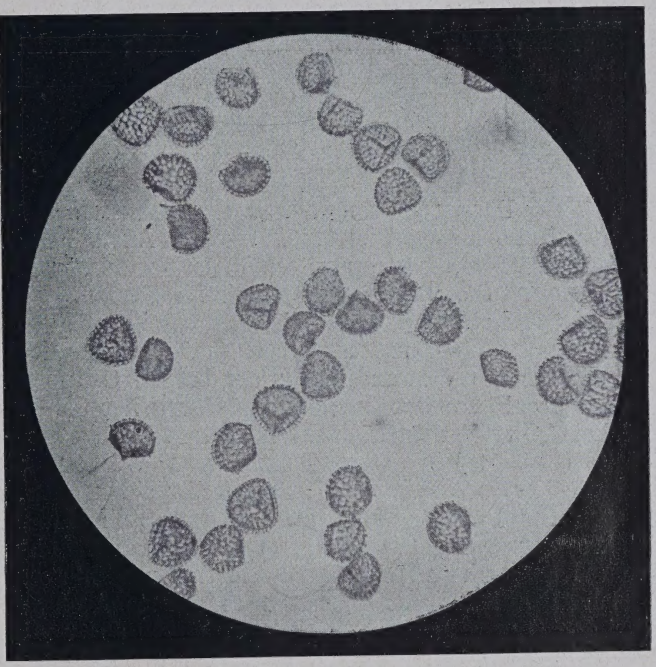


Fig. 193. Bärlappmehl („*Lycopodium*“). Mikrophotogramm.

Lebensmittelgewerbe: In Süddeutschland wird das Rhizom von *E. arvense* genossen.

Giftpflanzen gibt es unter den Schachtelhalmen nicht; der Ackerschachtelhalm (Duwok, Duwert) steht mit Unrecht im Rufe, für Schafe und Rinder giftig zu sein.

Technische Verwertung verschiedener Art finden die Equiseten durch ihre Rauheit (s. o.) zum Putzen der Zinngefäße (Zinn-, Kannen-, Scheuerkraut), zum Polieren der Kämme u. ähnlich.

3. **Bärlappgewächse** (Lykopodineen). Homospore und heterospore (Fig. 54) Gewächse mit dicht beblätterten, verzweigten Achsen, die ihre Sporangien einzeln in den Achseln der Blätter entwickeln. Achsen und Wurzeln sind dichotom verzweigt. — Für die Praxis kommen nur Vertreter

der homosporen Bärlappgewächse, und zwar der Gattung *Lycopodium*, in Betracht. Ihre Prothallien sind kleine, meist unterirdisch lebende, rübenförmige Gebilde.

Drogen: Als „*Lycopodium*" („*Semen Lycopodii*") ist das Sporenpulver von *Lycopodium clavatum* offizinell (Bärlappmehl, Blitzpulver, Hexenmehl). Äußerlich als Streupulver. In der homöopathischen Praxis als Antispasmodicum usw. Die Sporen sind etwa 35 μ groß; ihre Oberfläche zeigt netzförmige Leisten; entsprechend ihrer Entstehung (tetraedrische Teilung der Sporenmutterzellen) lassen sie noch tetraederähnliche Form erkennen (Fig. 193). Viel Fett, 1—2½ % Asche. Oft verfälscht durch Pollen (*Pinus*, *Corylus*, *Cannabis* u. a.), Stärkemehl, mineralische Bestandteile. Auch die *Herba Lycopodii* von derselben Stammpflanze war früher offizinell.

Als ***giftig*** wird *L. selago* genannt; Brech- und Wurmmittel der Volksmedizin.

B. Phanerogamae.

Die Phanerogamen oder Samenpflanzen sind durchweg makroskopisch sichtbare, hoch organisierte, mit wenigen Ausnahmen zu autotropher Lebensweise befähigte, kormophytisch differenzierte, mit Gefäßen ausgestattete Gewächse. Sie vermehren sich durch Samen.

Obschon gerade der Besitz dieser Gebilde die Phanerogamen von den Kryptogamen unterscheidet, macht doch die Entwicklungsgeschichte der Samen die Verwandtschaft der beiden Gruppen klar.

Die Phanerogamen sind durchweg heterospor (vgl. S. 164): sie entwickeln Mikrosporen (Pollenkörner) und Makrosporen — letztere als Embryosäcke (Fig. 143) in den Samenanlagen. Während die Sporen der Kryptogamen die Sporangien verlassen, bevor sie keimen, sehen wir die Makrosporen der Phanerogamen an Ort und Stelle ihrer Entstehung, d. h. im Makrosporangium (Samenanlage) keimen und entweder ein vielzelliges, vom Knospenkern (Nucellus) dauernd umschlossenes Gewebe liefern, in welchem außerordentlich stark reduzierte Archegonien angelegt werden (bei den Gymnospermen) — oder zu einem aus wenigen Zellen bestehenden, oft achtkernigen System werden (bei den Angiospermen, Fig. 144), das nach der Befruchtung durch die beiden generativen Kerne des aus dem Pollenkorn erwachsenen Pollenschlauches (Fig. 146) Embryo und Endosperm liefert (S. 162). Als Gametophyt (S. 164) ist hiernach einerseits der Pollenschlauch, andererseits die im Embryosack sich entwickelnde Zellenschar zu bezeichnen; stets sind die Gametophyten kurzlebig und von geringem Umfang; die beblätterte, blütentragende Pflanze stellt den Sporophyten dar.

Während der Entwicklungsgang der kryptogamen Pflanzen nach Fertigstellung der Sporen eine Unterbrechung erfährt, und die Sporen eine mehr oder minder lange Ruhepause durchzumachen vermögen, sind die Mikro- und Makrosporen der Phanerogamen zum Überdauern einer längeren Ruhezeit nicht befähigt; unmittelbar nach ihrer Fertigstellung setzen sie ihre Entwicklung fort und keimen. Erst nach Bildung der Prothallien und nach Betätigung ihrer Geschlechtszellen und nach Bildung des Embryos tritt eine Ruhepause ein, die Jahre und Jahrhunderte währen kann, bis geeignete Außenweltbedingungen den Samen zur Keimung und den in ihm enthaltenen Embryo zur Wiederaufnahme seines Wachstums anregen.

Als Blütenpflanzen werden die Phanerogamen auf Grund der überragenden Bedeutung der Blüten für die Erscheinung ihres Vegetationskörpers bezeichnet; die Blüten geben überdies für die Unterscheidung der zahlreichen phanerogamen Familien und Gattungen die besten Merkmale ab. Wir bezeichnen als Blüten die das Wachstum eines Sprosses abschließenden Gruppen von Sporophyllen, als Blütenhülle oder Perianth die den letzteren vorausgehenden, sie umhüllenden unfruchtbaren Blätter verschiedener Art (s. o. S. 48 über Perigon, Kelch, Krone).

Das Gynaeceum oder die Gesamtheit der in einer Blüte vereinigten Makrosporophylle gibt die Merkmale zur Unterscheidung der beiden Hauptgruppen der Phanerogamen ab: die Gymnospermen oder Nacktsamigen lassen ihre Samenanlagen oder Makrosporangien unbedeckt, die Angiospermen oder Bedecktsamigen durch Verwachsung der Ränder ihrer (die Samenknospen tragenden) Makrosporophylle oder Fruchtblätter geschlossene Behälter (Fruchtknoten S. 44) zustande kommen, in welchen die Vorgänge der Befruchtung und die Entwicklung der Samen sich abspielen.

I. Gymnospermae.

Die Gymnospermen oder Nacktsamigen sind durchweg Bäume und Sträucher. Ihre Blüten sind nackt und diklin (monözisch oder diözisch). Ihre Blätter — auch die der Blüte — stehen wirtelig oder in spiraliger Anordnung; besonders deutlich ist letztere an den weiblichen Blüten vieler Nadelbäume („Tannenzapfen", Fig. 22) erkennbar. Die Samenanlagen bzw. die Samen liegen unbedeckt auf den Makrosporophyllen oder Fruchtblättern.

Cycadaceae. — Tropische Familie mit kurzem, unverzweigtem Stamm und großen, derben, gefiederten Blättern. Im Pollenschlauch werden zwei frei bewegliche Spermatozoen entwickelt. — *Cycas*, *Dioon* u. a.

Coniferae — liefern mit den Nadelbäumen die wichtigsten Baumformen des europäischen Waldes und gehören zu den stärksten Faktoren, die unser Landschaftsbild bestimmen. Ihren Habitus kennzeichnen die reiche, monopodiale Verzweigung und die geringe Größe der Blätter (Schuppen und Nadeln, Fig. 34 und 35), die fast bei allen Arten auch im Winter persistieren. Über Lang- und Kurztriebe der Koniferen vgl. S. 22. Die männlichen wie weiblichen Blüten bestehen meist aus mehreren oder zahlreichen, wirtelig oder spiralig gestellten Sporophyllen, die nach dem Blühen holzige, aus dachziegelartig sich deckenden Schuppen zusammengesetzte Zapfen (Fig. 22) oder fleischige, beerenähnliche Früchte (Beerenzapfen, *Juniperus*) liefern. — *Juniperus*, wirtelige Blätter, Beerenfrüchte; *J. communis*, Wacholder, mit spitzen nadelförmigen, in dreizähligen Wirteln stehenden Blättern; die Früchte gehen aus Blättern eines Sporophyllwirtels hervor. Diözisch. *J. sabina*, Sadebaum (Siebenbaum, Sevenbaum; Stinkwachholder), gegenständige, schuppenförmige Blätter (Fig. 35), Beerenfrüchte aus zwei Fruchtblattquirlen. — Bei den folgenden Gattungen spiralige Blattstellung, monözische Geschlechtsverteilung. *Abies*, keine Differenzierung in Lang- und Kurztriebe, die Nadeln immergrün und flach; *A. pectinata*, Edel- oder Weißtanne, mit grauer, silberigglänzender Rinde; die Nadeln liegen in spiraliger Verteilung auf der Achsenoberfläche in einer Ebene und weisen unterseits zwei weißliche Streifen (Wachsbelag) auf; die Zapfen fallen nicht als Ganzes ab, sondern zerbröckeln. — *Picea*, keine Differenzierung in Lang- und Kurz-

triebe, Nadeln prismatisch; *P. excelsa*, Fichte (Rottanne), wichtigster deutscher Waldbaum mit rötlicher Borke; Nadeln rings um die Achse gleichmäßig abstehend, scharf stachelspitzig; Zapfen langgestreckt, walzenähnlich, fallen als Ganzes ab. — *Pinus*, Lang- und Kurztriebe, *P. silvestris*, gemeine Waldkiefer, jeder Kurztrieb mit zwei Nadeln (Fig. 34); Zapfen gedrungen, rundlich (Fig. 22), fallen als Ganzes ab; *P. montana*, Latsche (Legföhre), baum- oder strauchförmig; *P. cembra*, Arve, mit je fünf Nadeln an jedem Kurztrieb. — *Larix*, Lang- und Kurztriebe, letztere büschelig und sommergrün benadelt; *L. europaea* (= *L. sibirica*), gemeine Lärche. — *Taxus baccata*, Eibe, von allen andern durch terminale Makrosporangien unterschieden; Sporophylle fehlen. Samen mit fleischigem Arillus (Fig. 194); immergrüne, viel kultivierte, in Deutschland nur noch selten urwüchsig auftretende Art. Diözisch. — Von ausländischen Koniferen kommt *Thuja occidentalis*, Lebensbaum, eine in Nordamerika heimische, seit dem 16. Jahrhundert in Europa auf Friedhöfen, in Parkanlagen usw. viel kultivierte Art, in Betracht. Sie gleicht dem Sadebaum durch die schuppenförmigen Blätter, unterscheidet sich von ihm vor allem durch die holzigen Zapfen (statt Beeren) und die dorsiventralen, unterseits mattgrün gefärbten Zweige.

Technisch wertvoll werden die Nadelbäume durch ihr schnelles Wachstum, mit dem sie festes, für die verschiedensten Verwendungsarten geeignetes Holz liefern (Bau-, Möbelholz, Material für Papierfabrikation, Zellstoffgewinnung usw.), ferner durch ihren Reichtum an Harz, das langgestreckte Interzellularräume ihrer Blätter und Rinde füllt (s. o. S. 97) und als Terpentin den Weg in verschiedene Industrien findet.

Terpentin läßt sich von verschiedenen Koniferen gewinnen: Man zapft hinreichend erstarkte Individuen an und läßt aus den Wunden das Harz abträufeln. Eine Fichte kann in einem Jahre 2—4, bei rücksichtsloser Ausnutzung bis 40 kg liefern. Die Terpentine verschiedener Koniferen unterscheiden sich durch Farbe, Geruch und Geschmack und durch ihren Gehalt an Terpentinöl. Deutsches Terpentin stammt von *Pinus silvestris* und *Picea excelsa*, französisches Terpentin von *Pinus maritima*, Straßburger Terpentin von *Abies pectinata*, venezianisches von *Larix europaea*, amerikanisches von *Pinus australis*, *P. palustris* und *P. Taeda*; der für die mikroskopische Technik wichtige Kanadabalsam stammt von *Abies balsamea*. Bernstein („*Succinum*") ist das Harz der fossilen *Picea succinifera*.

Durch Destillation gewinnt man aus dem Rohterpentin das nahezu farblose, flüchtige Terpentinöl („*Oleum terebinthinae*", Pinen, $C_{10}H_{16}$), das zur Herstellung von Lacken, Firnissen, Anstrichfarben, Fleckwasser, künstlichem Kampfer usw. dient. Terpentin und Terpentinöl wirken hautreizend (Akne, Erythem usw.), eingeatmete Dämpfe rufen (z. B. in den mit Terpentinfarben gestrichenen Räumen) Betäubung, Kopfschmerzen, Schwindel hervor. Bei manchen Individuen wirkt Terpentinöl schädigend auf die Nieren („Malerkrankheit"). — Der bei der Destillation gewonnene Rückstand ist Kolophonium oder Geigenharz.

Bernstein liefert bei Destillation Bernsteinsäure und Bernsteinkolophonium; Herstellung von Bernsteinlacken.

Holzteer wird aus Nadel- und Laubhölzern hergestellt. *Pinus silvestris* und *Larix sibirica* liefern die „*Pix liquida*" (Schiffsteer).

Drogen. — Das „*Ol. terebinthinae*" und besonders das „*Ol. t. rectificatum*" wird zur Herstellung von Salben und Linimenten, als Diureticum,

Fig. 194. Eibe (*Taxus baccata*): Zweig mit männlichen Blüten, daneben ein samentragendes Sproßstück eines weiblichen Individuums.

Diaphoreticum, Anthelminticum, Haemostaticum usw. benutzt und dient zur Sterilisierung von Katgut. Die Früchte des Wachholders („*Fructus juniperi*“) dienen als Diureticum und Räuchermittel; Herstellung von Wachholderschnäpsen (Genever, Gin, Steinhäger). Zweige von *J. sabina* enthalten das „*Ol. sabinae*“; Verwendung in der Gynäkologie; Abortus. Aus den Triebspitzen derselben Art („*Summitates sabinae*“) wird das „*Unguentum sabinae*“ hergestellt.

Viele terpentinhaltige Koniferenzweige spielen in der Volksmedizin — Einreibemittel usw. — noch eine Rolle: „*Ol. Templini*“ aus den jungen Zapfen der *Abies pectinata*, das Tillyöl („*Ol. terebinthinae sulfuratum*“ = „*Ol. lini sulf.*“ + „*Ol. tereb.*“), Abkochungen aus den „*Turiones pini*“ oder Fichtensproßspitzen, das „Krummholzöl“ aus *Pinus montana*, das Kienöl, das Kadeöl („*Ol. juniperi empyreumaticum*“, „*Ol. cadinum*“), das durch trockene Destillation des Holzes gewonnen wird, der Eibennadeltee und sogar das weiße Splintholz der Fichte („*Alburnum pini*“).

Thuja occidentalis, dem seine ehemalige medizinische Verwendung den Namen des Lebensbaumes eingetragen hat, ruft Schädigungen verschiedenster Art hervor und ist in seinen Wirkungen wie äußeren Merkmalen dem Sadebaum ähnlich. Vielseitige Anwendung in der homöopathischen Praxis.

Giftig sind vor allem *Juniperus sabina* (s. o.), *Thuja occidentalis* (s. o.) und *Taxus baccata*: Samen und Blätter der Eibe sind giftig, die Arilli ungiftig (Fig. 194).

Lebensmittelgewerbe. — Die himbeerroten Arilli der Eibensamen (Fig. 94) sind außerordentlich reich an Zucker und zur Herstellung wohlschmeckender Fruchtsaftpräparate tauglich; Geschmack durchaus terpentinfrei.

Das fette Öl der Koniferensamen wird nur in denjenigen Fällen als Nahrungsmittel in Betracht kommen, in welchen es sich getrennt von Terpentinöl gewinnen läßt, wie bei *Picea excelsa*, deren Samen reichlich Fett (35 % der Trockensubstanz) enthalten, aber terpentinfrei sind. — Die fettreichen Samen mancher Koniferen, namentlich der Zirbel (Zirbelnüsse, Piniolen der Alpenländer, 56% Fett), werden genossen.

Auf dem Gehalt an Terpentin beruht die Verwendung mancher Koniferen als Gewürzpflanzen. Wachholderbeeren dienen — außer bei der Branntweinbereitung (s. o.) — beim Einmachen des Sauerkrauts, bei der Herstellung von Räucherwaren als Gewürz; mit Zucker eingemacht liefern sie ein honigähnliches Präparat. Desgleichen die jungen Fichtentriebe (Lymphhonig in Süddeutschland). Grüne Tannenzapfen geben in manchen Teilen Deutschlands eine Art Limonade ab. In Italien würzt man Fleischspeisen mit Fichtennadeln usw.

Aus dem Kambialsaft der *Picea excelsa* und *Abies pectinata* wird Vanillin hergestellt, ein wohlfeiler Ersatz für das teure Naturprodukt.

II. Angiospermae.

Die Angiospermen oder Bedecktsamigen sind Holzpflanzen und Kräuter. Ihre Blüten sind dadurch gekennzeichnet, daß die Fruchtblätter zu einem oder mehreren Fruchtknoten sich zusammenschließen, in welchen die Samenknospen verborgen liegen. Nach der Befruchtung der Eizellen und während der Reifung der Samenknospen wird der Fruchtknoten zur Frucht.

Neben diklinen Blüten sind zwitterige weit verbreitet. Nackte Blüten sind seltener als solche, die mit einer Blütenhülle ausgestattet sind. Die Organe der Blüten zeigen im allgemeinen wirtelige Anordnung.

Der Bau der Blüten läßt — was die Zahl der sie aufbauenden Organkreise, die Zahl der in jedem Kreis vorhandenen Glieder, die Stellung der Kreise zueinander und viele andere Merkmale betrifft — bei den zahlreichen Gruppen der Angiospermen viele Unterschiede erkennen. Um diese kurz zum Ausdruck zu bringen und in bildlicher Form darstellen zu können, bedienen wir uns der Blütenformeln und Diagramme. Die Blütenformeln machen mit der Zahl der Blütenkreise bekannt, geben über die Natur der Kreise Aufschluß und teilen mit, wieviel Organe in jedem Kreise sich finden. Die Formel

K 5 C 5 A 5 + 5 G 5

besagt, daß je ein Kreis Kelch (K) und Krone (Corolle, C) vorhanden sind, und beide aus fünf Blättern bestehen, daß das Androeceum (A) aus zwei fünfgliedrigen Kreisen, das Gynaeceum (G) aus einem fünfgliedrigen Kreis besteht. Mit P wird das Perigon bezeichnet.

Die Diagramme stellen schematische Querschnittsbilder durch die noch im Knospenzustand befindlichen Blüten dar. Sie belehren über die in der Blütenformel bereits ausgedrückten Bauverhältnisse, ferner über alternierende bzw. superponierte Stellung der Kreise zueinander, über den Bau der Fruchtknoten usw., ferner besonders über die Orientierung der Blüte zu ihrer Abstammungsachse und dem Deckblatt, dessen Achsel sie entsprießt, und über das Vorhandensein der den Blüten vorausgehenden (1—2) Vorblätter. Die Abstammungsachse wird als ein durchkreuzter Kreis angedeutet, das Diagramm üblicherweise so gestellt, daß jenes nach oben zu stehen kommt (vgl. z. B. Fig. 195—197).

Organe, welche der Theorie nach in einer Blüte zu erwarten waren, aber nicht zur Entwicklung kommen, sondern „ausfallen", werden nötigenfalls durch ein Kreuz im Diagramm angedeutet oder mit gestrichelten Umrissen eingetragen werden.

Hilfsmittel zur Bestimmung der Angiospermen und der einheimischen Pflanzen überhaupt liegen in reichlichster Auswahl vor. Es genüge der Hinweis auf GARCKE, Flora von Deutschland und WÜNSCHE, Die Pflanzen Deutschlands; die Benutzung einer „Lokalflora", welche nur die Gewächse eines Landes oder Länderteils aufzählt, wird die Arbeit des Bestimmens oft erleichtern. Dieser wird vor allem eine genaue morphologische Analyse der Blüten vorausgehen (vgl. I. Kapitel). — Über LINNÉS „Sexualsystem" s. o. S. 243.

Nach der Zahl der an den Embryonen oder jugendlichen Sämlingen gefundenen Keimblätter oder Kotyledonen werden als Hauptgruppen der Angiospermen die Einkeimblättrigen oder Monokotyledonen und die Zweikeimblättrigen oder Dikotyledonen unterschieden. Außer durch die Zahl ihrer Keimblätter unterscheiden sie sich durch die Nervatur der Spreiten — diese sind bei den Monokotyledonen im allgemeinen parallelnervig, bei den Dikotyledonen netznervig (Fig. 45), durch den Bau ihrer Wurzeln — die Monokotyledonen haben Faser-, die Dikotyledonen Pfahlwurzeln (S. 50), — durch die Entwicklungsgeschichte ihrer Achsen und Wurzeln, die nur bei den Dikotyledonen zu sekundärem Dickenwachstum befähigt sind (S. 97), — und durch den Bau der Blüten — die Monokotyledonenblüte besteht fast immer aus dreizähligen Kreisen, die der Dikotyledonen ist drei-, vier- oder fünfzählig.

Wir beginnen mit Behandlung der Dikotyledonen, da sich diese in vielen Beziehungen enger an die Gymnospermen anschließen als die Monokotyledonen.

A. Dicotyledonae.

Um die große Zahl der zu den Dikotyledonen gehörigen Pflanzenfamilien übersichtlich gruppieren zu können, wird sich ihre Zusammenfassung zu Reihen und Abteilungen empfehlen.

Als Choripetalae werden diejenigen bezeichnet, deren Blütenhülle ein Perigon ist oder aus Kelch und freiblättriger Blumenkrone besteht. Auch einige Formen mit nackten Blüten sind zu derselben Abteilung zu stellen.

Sympetalae sind Dikotyledonen mit doppelter, aus Kelch und verwachsenblättriger (glocken-, trichter- oder radförmiger) Krone bestehender Blütenhülle.

Beide Abteilungen werden in mehrere Reihen, jede in Familien zu teilen sein.

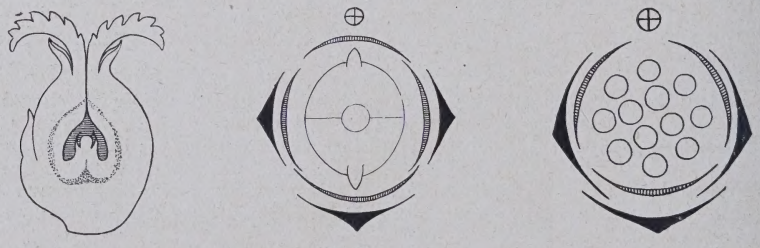
Erste Abteilung: Choripetalae.

1. Juliflorae.

Oft unscheinbare, kleine, meist dikline Blüten, welche nur ein Perigon haben oder völlig nackt sind. Die Blüten zu dichten Infloreszenzen vereinigt, oft zu „Kätzchen", d. h. zu ährenartigen Blütenständen, die nach dem Blühen als Ganzes abfallen.

Einheimische, d. h. auch in Deutschland vertretene Familien:

Juglandaceae. — Monözische Bäume mit gefiederten Blättern. Steinfrucht. — *Juglans regia*, Walnußbaum (Orient), wegen der Früchte bei



a *b* *c*

Fig. 195. Walnuß (*Juglans*): *a*) weibliche Blüte im Längsschnitt; verzweigte Narben, unter diesen das Perigon, Fruchtknoten unterständig; links ein Vorblatt; *b*) weibliche Blüte, Diagramm; *c*) männliche Blüte, Diagramm. Nach Eichler.

uns angebaut. Exokarp grün, fleischig; Endokarp hellbraun, hart (Fig. 70). G 2, A in wechselnder Zahl (Fig. 195). Nur männliche Blüten in Kätzchen.

Salicaceae. — Bäume und Sträucher mit einfachen Blättern. Nackte Blüten (Fig. 58); diözisch. Männliche und weibliche Blüten in Kätzchen, unter jedem Deckblatt eine Blüte. — *Salix*, Weide, mit schmalen lanzettlichen, *Populus*, Pappel, mit breiten, rundlichen oder dreieckigen Blättern.

Betulaceae. — Bäume und Sträucher. Monözisch; Blüten nackt oder mit 4zähligem Perigon (Fig. 196). Männliche und weibliche Blüten in Kätz-

chen: unter jedem Deckblatt ein vollkommenes (dreiblütiges) oder durch Ausfall der Mittelblüte unvollkommenes (zweiblütiges) Dichasium. Superponierte Stellung der Blütenorgane. — *Alnus*, Erle, und *Betula*, Birke, diese mit einzeln, jene mit gruppenweise stehenden weiblichen Kätzchen.

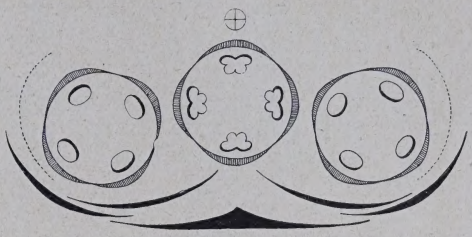


Fig. 196. Erle (*Alnus*): Drei unter einem Deckblatt stehende, männliche Blüten; P 4, A 4. Nach Eichler.

Corylaceae. — Monözische Bäume und Sträucher. Männliche Blüten nackt, stets in Kätzchen, weibliche mit unvollkommenem Perigon. Ihre Vorblätter liefern später eine krautige Umhüllung der Frucht. — *Corylus avellana*, Haselnuß, Frucht eine hartschalige, von blattartiger Hülle umgebene Nuß. — *Carpinus betulus*, Hainbuche (Weißbuche), liefert wertvolles Werkholz.

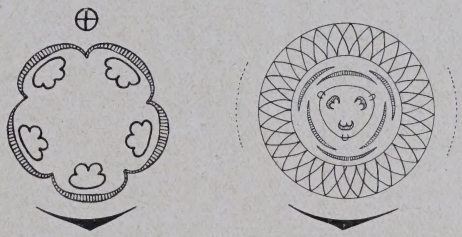


Fig. 197. Eiche (*Quercus*): *a*) männliche, *b*) weibliche Blüte mit blätterreicher Kupula. Nach Eichler.

Cupuliferae. — Monözische Bäume mit Nebenblättern. P 4—7. Fruchtknoten unterständig; Früchte sind Nüsse, einzeln oder zu mehreren (2 oder 3) von holziger Kupula umgeben, die durch Verwachsung der Vorblätter entsteht. — *Quercus*, Eiche, jede Frucht mit eigner, aus vielen Blättern hervorgehender Kupula (Fig. 197). Zwei einheimische Arten: *Qu. pedunculata* (Stieleiche, Sommereiche) mit gestielten weiblichen Blüten und *Qu. sessiliflora* (Traubeneiche, Wintereiche) mit sitzenden weiblichen Blüten. Im Mediterrangebiet durch immergrüne und sommergrüne Arten vertreten. *Qu. suber*, Korkeiche. — *Fagus silvatica*, Buche (Rotbuche), mit 4 Klappen sich öffnende, stachlige Kupula (Fig. 198), welche zwei dreikantige, braune Nüsse (Bucheckern, Bucheln) umschließt (Fig. 66b). Beide Gattungen liefern den Hauptbestandteil des deutschen Laubwaldes; Möbel-, Brenn-, Werkholz aller Art. — *Castanea vesca*, Edelkastanie, in Italien, Griechenland usw. waldbildender Baum. Je drei Früchte (Maronen) in der stachligen, 4klappigen Kupula.

Fig. 198. Buche (*Fagus*): vierteilige, stachelige, bereits entleerte Kupula.

Ulmaceae. — Bäume mit Nebenblättern; P u. A 4—6; zwitterig. — *Ulmus campestris*, Ulme (Rüster), asymmetrische Blätter (Fig. 45 a) in zweizeiliger Anordnung (Fig. 21a); blüht vor der Laubentfaltung. Geflügelte Nuß.

Cannabinaceae. — Kräuter mit Nebenblättern und handnervigen, gegenständigen Blättern. Diözisch. Frucht eine Nuß. — *Humulus lupulus*, Hopfen; weibliche Blüten in blätterreichen Zapfen (Fig. 199), die männ-

lichen in rispenähnlichen Infloreszenzen. Rechtswindender, durch Behaarung rauher Stengel. — *Cannabis sativa*, Hanf; gefingerte Blätter.

Urticaceae. — Kräuter mit Nebenblättern und einfachen, gegenständigen Blättern; P 4, A 4. — *Urtica*, Nessel, verbreitete Unkräuter;

Fig. 199. Hopfen (*Humulus lupulus*): weiblicher Blütenstand. Nach einer Figur von Berg-Schmidt.

Brennhaare (Fig. 100). *U. dioica*, zweihäusige, großblättrige Nessel mit hängenden Blütenständen, *U. urens*, klein- oder rundblättrige Nessel, monözisch.

Ausländische Familien:

Moraceae. — Bäume oder Sträucher mit Milchröhren, Blütenstände köpfchenähnlich oder mit fleischig verdickter Achse. — *Morus*, Maulbeerbaum, mit polymorphem Laub (vgl. Fig. 44). Monözisch und diözisch,

die Maulbeeren gehen aus dem Blütenstand hervor, indem die Blütenhüllen fleischig werden; die in ihnen liegenden Früchte sind Nüßchen. — *Ficus*, sehr artenreiche Gattung; *F. carica*, Feige, krugartig ausgehöhlte Blütenstandsachse (Fig. 65 d). Die Früchte sind Nüßchen. — *Dorstenia*, tellerförmige Blütenstände.

Piperaceae. — Kräuter und Sträucher; nackte, zwittrige Blüten. — *Piper*, Pfeffer, tropische Liane mit einsamiger Steinfrucht; das Perikarp saftig mit einer schmächtigen inneren Lage von Steinzellen.

Dem ***Lebensmittelgewerbe*** liefern die Julifloren viele verschiedenartige Materialien.

Gemüse. — Beide einheimische *Urtica*-Arten liefern mit ihren Sproßspitzen ein wertvolles, salz- und chlorophyllreiches Frühlingsgemüse (von März ab), das schon bei den alten Römern geschätzt war. Vom Hopfen, namentlich den kultivierten Formen, werden die dem Erdreich entsprießenden jungen Triebe noch vor Entfaltung der Blätter abgenommen und als spargelähnliches Gericht zubereitet.

Nüsse. — Alle einheimischen Nüsse sind Produkte der Julifloren; die Haselnüsse (50—62 % Öl, 7—8 % Kohlehydrate) kommen vorzugsweise aus Südeuropa zu uns; der Fruchtansatz in den deutschen Wäldern ist spärlich. Die Lambertnuß („Langbart", *Corylus tubulosa*) mit stattlicher geschlitzter Blatthülle um jede Frucht. Die Walnüsse mit ungefähr demselben Ölgehalt; mit 28 Früchten läßt sich ungefähr der tägliche Fettbedarf des Menschen (und zugleich $^1/_6$ seines Eiweißbedarfs) decken.

Öl — liefert für Küche, Brennzwecke, Parfümerien usw. außer den genannten Nüssen die Buche. Ihre Früchte, die Bucheln oder Bucheckern, sind geeignet zur Fütterung der Schweine, Rinder, Schafe; für Pferde und Esel sind sie giftig.

Obst — liefern zwei südliche Gattungen mit der Maulbeere und der Feige. Der weiße Maulbeerbaum (*Morus alba*, China) wird hauptsächlich der Blätter wegen (Nahrung für die Raupen des Seidenspinners), der schwarze (*M. nigra*, Persien) seiner süßen Früchte wegen (9% Zucker) kultiviert. Die Feigen sind die birnenförmigen Scheinfrüchte von *Ficus carica*, eines im Mittelmeergebiet weitverbreiteten Obstbaumes; genießbar sind die fleischigen Blütenstandachsen. Die Feigen kommen getrocknet in verschiedenen Formen — aus Griechenland z. B. auf Bastschnüre gereiht und in platte Form gepreßt als Kranzfeigen — in den Handel. Sehr reich an Traubenzucker (60—70 %), der an der Oberfläche als weißer Anflug auskristallisiert; Istrianer und Dalmatiner Feigen werden mit Mehl bestäubt. Oft finden sich auf ihrer Oberfläche reichliche Überreste der Mehlmilbe (*Tyroglyphus farinae*). Getrocknete, geröstete und gemahlene Feigen liefern den Feigenkaffee; zu etwa $^3/_4$ in Wasser löslich; bei richtiger Dosierung verleiht er (Mischung des Wiener Kaffees) dem Bohnenkaffee einen besonders feinen Geschmack. Verwendung der Feigen („*Caricae*") als Expectorans und Purgans.

Stärke enthalten sehr reichlich die süßschmeckenden, eßbaren Kastanien oder Maronen, die Früchte der *Castanea vesca* (43,7 % Stärke, 2,5% Fett, 50% Wasser). Wichtiges Volksnahrungsmittel in Italien, Frankreich, Südtirol; Anbau auch in der Pfalz, Bergstraße, Nassau usw. Stärkereiches Material liefern ferner die Eicheln, deren hoher Gerbstoffgehalt zunächst eine Entbitterung durch heißes Wasser nötig macht; Zusatz des

Eichelmehls beim Brotbacken in mehlarmen Gegenden. Eichelkakao enthält 20—25 % Eichelmehl. Geröstete Eicheln als Kaffeeersatz (Eichelkaffee). Bedeutung der Eichel für Viehmast (Schweine, Pferde, Gänse).

Zuckerreich ist der Saft, den man im Frühjahr durch Anzapfen der Birkenstämme gewinnen kann (Birkenwasser). Nach Gärung liefert er ein alkoholartiges Getränk (Birkenwein), das durch Zusatz geeigneter Geschmackverbesserer dem Traubenwein ähnlich gemacht werden kann. Verwendung des Birkenwassers in der Kosmetik. *Juglans cinerea* wird in Nordamerika auf Zucker ausgebeutet.

Gewürze. — Eines der meist begehrten Gewürze ist der Pfeffer, die Frucht des in vielen tropischen Ländern kultivierten *Piper nigrum*; er kommt als schwarzer oder weißer Pfeffer in den Handel. Die Körner der schwarzen werden von den unreifen Früchten geliefert, deren Perikarp als runzelige Schicht auf dem Samenkorn liegt; der weiße Pfeffer stammt von reifen Früchten derselben Spezies, deren Perikarp bis auf geringe Reste entfernt worden ist. Im Perikarp, sowie im Nährgewebe des Samens liegen zahlreiche Sekretzellen, welche ein scharfschmeckendes Harz und Alkaloide der Pyridingruppe (Piperin 2—8 %) enthalten; den charakteristischen Geruch bewirkt ein ätherisches Öl. Pfeffer ist als Gewürz schon seit den Zeiten des klassischen Altertums (Theophrast) in Europa geschätzt. *P. longum* (s. u.) spielt als Gewürz kaum noch eine Rolle. *P. betle* gibt mit seinen Blättern und zusammen mit den Samen der Arekapalme (*Areca catechu*) das Material für das in den Tropen beliebte Betelkauen ab. Über *P. methysticum* s. u. Über „spanischen Pfeffer" siehe Solanaceae (*Capsicum*). — Der Hopfen wird durch seine Bedeutung für die Bierbrauerei zu einem der wichtigsten Gewürze. Gutes bayrisches Bier wird nur aus Malz, Hopfen, Hefe und Wasser hergestellt. Über die im Hopfen enthaltenen Stoffe und ihre physiologische Wirkung s. u.; bei der Bierbereitung werden sie durch Kochen aus den weiblichen Zapfen gewonnen. Die Versorgung der Biere mit Hopfen ist verschieden: helle Biere, die aus schwach gedarrtem Malz hergestellt sind, werden stärker „gehopft" als dunkle, aus stark gedarrtem Malz gewonnene. Die Hopfung macht das Bier haltbar; Sommerbiere werden stärker gehopft als Winterbiere. Ferner hilft der im Hopfen enthaltene Gerbstoff durch Fällung der Eiweißverbindungen die Maische klären.

Drogen. — Die einheimischen Nesseln wurden noch im 19. Jahrhundert zur „Urtikation" benutzt (Peitschen rheumatisch erkrankter Glieder mit Nesseln). Die Blätter und Samen liefern Dekokte, die gegen allerhand Blutungen volkstümlich benutzt werden. Das Glaskraut („*Herba Parietariae*") soll diuretisch wirken. — Vom Hopfen stammen die früher offizinellen „*Strobili lupuli*", d. h. die weiblichen Infloreszenzen, auf deren Deckblättern die Lupulindrüsen (Fig. 101d) sich finden; letztere kamen früher als Hopfenmehl oder „*Lupulinum*" in den Handel, eine braune, staubförmige Droge, welche Hopfenharz, Hopfenbitter, ätherisches Öl, Gerbstoff u. a. enthalten (Anaphrodisiacum, Narcoticum, Mittel gegen Blasenleiden u. a.): einschläfernde Wirkung (Kopfkissenstopfung) sogar schon beim Ernten der Strobili. — Vom Hanf gewinnt eine in Persien und Ostindien heimische Varietät (*Cannabis sativa var. indica*) durch ihre Drüsenhaare Bedeutung. Die Triebspitzen der weiblichen blühenden Exemplare liefern die „*Herba cannabis indicae*", deren Laub- und Deckblätter viele sitzende und gestielte Drüsen tragen. Ihr harzreiches Sekret, das die Zweige der

Droge miteinander verkittet, enthält die wirksamen Stoffe, das „*Haschisch*“ (arab. = Hanf), Sedativum und vielbegehrtes, gefährliches, Wahnvorstellungen bewirkendes Berauschungsmittel. Auch andere Präparate werden von den Blättern derselben Pflanze gewonnen (Aphrodisiacum).

Die Gattung *Piper* liefert die Kubeben („*Cubebae*“). Als solche kommen die getrockneten, kugligen (etwa 5 mm Durchmesser), einsamigen Früchte von *P. cubeba* (Südasien, Antillen) in den Handel, deren basaler Teil durch Wachstum sich zu einem stielartigen, bis 1 cm langen Gebilde streckt. Perikarp ist reich an Sekretzellen (7% ätherisches Öl). Antiblennorrhoicum. — „*Piper longum*“ heißen die unreifen Fruchtstände des *P. officinarum* (indomalayischer Archipel), deren beerenartige Früchte miteinander verwachsen sind; Stimulans, Diureticum, Diaphoreticum. Aus *P.* (*Macropiper*) *methysticum* wird in Polynesien ein berauschendes Getränk (Kawakawabier) hergestellt, die „*Radix kava-kava*“ Sialagogum, Antigonorrhoicum. Über den „schwarzen Pfeffer“ s. o.

Volksheilmittel liefert die Weide mit dem aus den Blättern gekochten Tee und mit ihrer Rinde („*Cortex salicis fragilis*“ und der amerikanischen „*C. sal. nigrae*“). Letztere enthält neben Gerbstoff u. a. das Glykosid Salizin, das bei fermentativer Spaltung neben Glukose (s. o. S. 195) Saligenin, den Alkohol der Salizylsäure, liefert. Seitdem letztere synthetisch herzustellen möglich geworden ist, hat das salizinhaltige Galenicum seine Bedeutung verloren. — Von den Pappeln waren früher Rinde, Blätter und Knospen („*Gemmae populi*“ von *P. nigra*) wegen ihres Gerbstoff- und Salizingehaltes gebräuchlich. — Birkenblätter („*Folia betulae albae*“) liefern einen Tee, dessen diuretische Eigenschaften gelobt werden. Volkstümlich werden Birken- und Erlenblätter als Tee, als Packungen (frische Blätter auf die Haut des Patienten) gegen Leiden verschiedener Art empfohlen. Durch trockne Destillation wird aus Birkenholz das „*Oleum betulae empyreumaticum*“ („*Ol. rusci*“) gewonnen (Birkenteer, Juchtenöl), das durch Rektifikation das gegen Hautkrankheiten verwendete „*Ol. bet. aethereum*“ liefert. Über Birkenwasser s. o. Der von der Buche gewonnene Holzteer ist sehr reich an Kreosot. Von der Ulme war die Rinde offizinell (Emolliens, Mucilaginosum).

Der Walnußbaum lieferte früher als Aperitivum und Antarthriticum die „*Folia juglandis*“ (Bestandteil der „*Species antiscrophulosae*“); das Exokarp der Früchte liefert Haarfärbemittel. *Juglans cinerea* (Nordamerika) lieferte die Rinde (Laxans u. a.), die Edelkastanie die „*Folia castaneae*“ (Keuchhustenmittel) für die Volksmedizin.

Von der Eiche sind verschiedene Teile offizinell. Die Rinde der einheimischen Arten („*Cortex quercus*“) ist durch ihren hohen Gehalt an Gerbstoff wertvoll; für die Apotheke geeignet sind die Rinden des in Eichenschälwäldern geernteten 14—20jährigen Stockausschläge, die noch keine Borkenbildung, sondern eine glänzende Oberfläche („Spiegelrinde“) aufweisen. Auch die Eicheln („*Glandes*“) liefern gerbstoffreiche Präparate (Adstringens, s. auch Eichelkaffee usw.).

Von den zahlreichen Gallen der Eichen (s. o. S. 337) kommen nur die „*Gallae halepenses*“ (Aleppogallen) wegen ihres Gerbstoffgehaltes in Betracht (Adstringens, Tanningewinnung, Tintenfabrikation). Sie entstehen nach Infektion durch ein Hymenopteron (*Cynips tinctoria*, Kleinasien bis Persien) auf den jungen Trieben von *Qu. infectoria* und stellen kuglige, höckerige, nahezu kirschgroße Gebilde dar. Von *Dorstenia contrayerva*

(Mittelamerika contrayerva, span. = Gegenkraut) kommt das Rhizom („*Rh. contrayervae*"), die sog. Bezoar-Wurzel, als Mittel gegen Schlangenbißvergiftung in den Drogenschatz.

Technische Verwertung verschiedener Art finden namentlich folgende Produkte: der Kork, die Gespinstfasern, der Kautschuk.

Der Kork, der an den Stämmen der Korkeiche (*Quercus suber*, Algier, Marokko, Spanien, Portugal, Italien, Dalmatien, Istrien) produziert wird, entsteht zuerst, d. h. im 8.—20. Lebensjahr der Bäume, als grobbrüchiges Material (sog. männlicher Kork). Nach seiner Ablösung entsteht der durch seine Gleichmäßigkeit und Elastizität wertvolle „weibliche" Kork, der beste bei einem Alter des Baumes von 50—100 Jahren. Er wird in 5—20 cm dicken Platten geerntet. Spezif. Gewicht 0,24. Nur der weibliche Kork ist zur Herstellung von Pfropfen, Korksohlen usw. geeignet. Über die Lentizellen des Korkes s. o. S. 101. Gemahlener Kork und Leinöl sind die wichtigsten Bestandteile des Linoleum. Aus zerkleinerten Korkabfällen stellt man porenfreie Stopfen und die zu verschiedenen baulichen Zwecken dienenden Korksteine dar.

Gespinstfasern liefern der Hanf und vor allem verschiedene Urtikazeen. Die Stengel der *Cannabis sativa* enthalten Bastfaserbündel, die in Länge von 1—3 m („Riesenhanf") gewonnen werden können; Anbau in Italien, Rußland, Deutschland, Ungarn, Nordamerika u. a. Von den Urtikazeen kommen *Urtica dioica* und *Boehmeria nivea* in Betracht. Erstere erfreute sich in Deutschland großer Beliebtheit, bis der Import ausländischer Gespinstfasern sie in Vergessenheit geraten ließ. Als Nesseltuch wurde ursprünglich ein aus *Urtica*-Fasern hergestelltes Gewebe, später verschiedene Arten von Baumwollstoffen bezeichnet. Der Krieg hat in Mitteleuropa die Aufmerksamkeit von neuem auf die Nesselfasern und ihre wertvollen Eigenschaften (geringe Verholzung, gute Verspinnbarkeit, Seidenglanz, Geschmeidigkeit) gelenkt. Die in China heimische *Boehmeria nivea* liefert das Chinagras oder die Ramie.

Kautschuk stammt von mehreren Morazeen, von welchen zu nennen sind *Ficus elastica* (Asien), *F. Vogelii* (Westafrika), *Castilloa elastica* (Amerika). Von andern Kautschukpflanzen wird später die Rede sein (Euphorbiaceae, Apocynaceae).

2. Centrospermae.

Meist Kräuter. Perigon oder Differenzierung in Kelch und Krone. Im Fruchtknoten eine mittelständige Samenanlage (Fig. 145) oder eine zentrale Gewebesäule mit zahlreichen Samenanlagen (Fig. 55 f).

Fig. 200. Polygonaceae (*Rheum*). Nach Eichler.

Einheimische Familien:

Polygonaceae. — Kräuter mit knotiger Achse. Nebenblätter zu einer Ochrea verwachsen (S. 35). Blätter wechselständig, oft pfeilförmig. Blüten zwitterig, oft 3zählig. Perigon; Androeceum oft in 2 Kreisen; Fruchtknoten oberständig mit einer Samenanlage. Früchte in 3kantiges Nüßchen (Fig. 200). — *Rumex*, Sauerampfer (Fig. 18); zahlreiche einheimische Arten. P 3 + 3, A 3 + 3, G 3. P aus unscheinbaren grünlichen Blättern gebildet. — *Polygonum*, Knö-

terich (Fig. 201); P 5, blumenkronenartig; Frucht vom Perigon umhüllt. — *Fagopyrum esculentum*, Buchweizen; P wie bei vorigem, Frucht vom Perigon nicht bedeckt. — *Rheum*, Rhabarber (Fig. 200, 202); P 3 + 3, A 6 + 3, G 3; wichtig als Heil-, Gemüse- und Zierpflanze.

Fig. 201. Vogelknöterich (*Polygonum aviculare*).

Chenopodiaceae (Meldengewächse). — Kräuter mit wechselständigen Blättern. Nebenblätter fehlen. Blüten 5zählig (Fig. 59), diklin oder zwitterig. Androeceum meist in einem Kreis. P 5, A 5, G 2. Fruchtknoten oberständig mit einer Samenanlage. — *Chenopodium*, Gänsefuß (Melde, Fig. 204), und *Atriplex*, Melde, erstere zwitterig, letztere diklin; zahlreiche

Fig. 202. Rhabarber (*Rheum palmatum*): *a* blühende Pflanze; *b* Teil des Fruchtstandes mit dreikantigen Nüßchen.

Arten als Unkräuter bei uns verbreitet. — *Spinacia*, Spinat (Binatsch, Fig. 203), zweihäusig, G 4. Frucht von der Blütenhülle bedeckt. — *Beta*,

Runkelrübe (Bete), P 5, zwitterig, fleischig verdickte Wurzeln mit charakteristischer Zonenstruktur (Fig. 111).

Caryophyllaceae (Nelkengewächse). — Kräuter mit ganzrandigen, gegenständigen Blättern. Nebenblätter fehlen meist. Blütenhülle meist aus Kelch und Krone gebildet; Androeceum meist in zwei Kreisen. Zentrale Placenta (Fig. 55 f). K 5, C 5, A 5 + 5, G 2—5. Frucht meist eine Kapsel (Fig. 68a). — Gattungen mit verwachsenem Kelch: *Dianthus caryophyllus*, Gartennelke (Fig. 205), und die ihr im Blütenhabitus ähnlichen *Saponaria officinalis*, Seifenkraut, und *Agrostemma githago*, Kornrade (Rade), — erstere an Zäunen, Flußufern usw., letztere als Unkraut in Getreidefeldern weit verbreitet. Gattungen mit freiblättrigem Kelch: *Stellaria media*, Vogelmiere (Sternmiere), häufiges Ackerunkraut mit unscheinbaren weißen Blüten (vgl. S. 131). — *Herniaria glabra*, Tausendkorn, gelblichgrünes Laub, Nebenblätter vorhanden; Schließfrucht.

Ausländische Familie:

Cactaceae. — Heimat Amerika. Fleischig verdickte Achsen. Vegetationskörper aus Phyllokladien aufgebaut (*Opuntia*, S. 28), säulen- oder prismenähnlich (*Cereus*, Säulenkaktus) oder kugelig (*Echinocactus*), Blätter durchweg zu Dornen metamorphosiert, die Achsen grün und assimilierend. P ∞, A ∞, G ∞. Fruchtknoten unterständig, liefert beerenähnliche Früchte.

Lebensmittelgewerbe. — Die Zentrospermen liefern zahlreiche, sehr wertvolle Gemüse, insbesondere die Chenopodiazeen. Der Spinat stammt vermutlich aus dem Orient und ist durch die Araber über Spanien nach Europa gekommen. Genossen werden die weichen, chlorophyllreichen, kahlen Blätter; Sommerspinat (ungehörnte Früchte) wird im Frühjahr, Winterspinat (gehörnte Früchte) im Herbst gesät und im Frühjahr geschnitten. Vor dem Einzug des Spinats in Mitteleuropa (16. Jahrhundert) waren einige ihm ähnliche in Deutschland weit verbreitete Wildgemüse in Deutschland allgemein geschätzt, vor allem die an ihren bestäubten (d. h. mit ungestielten kugelförmigen Haaren besetzten) Triebspitzen leicht erkennbare, an Wegrändern und auf Schuttplätzen häufige „weiße Melde“ (*Chenopodium album*, Fig. 204), deren Blätter ein spinatähnliches aschereiches Gemüse liefern, und der seltenere „Gute Heinrich“ (*Ch. bonus henricus*). Die mit saftigen roten Blättern ausgestattete Gartenmelde (*Atriplex hortensis*) wird in Deutschland und Frankreich viel angebaut. — Weitere Gemüsepflanzen desselben Verwandtschaftskreises sind der Erdbeerspinat (*Ch. foliosum*, Südeuropa, erdbeerähnliche rote Früchte), die küstenbewohnende

Fig. 203. Spinat (*Spinacia oleracea*); blühende Pflanze.

Portulakmelde (*Atriplex portulaccoides*) und Meermelde (*A. halimus*), der Portulak (*Portulacca olracea*) und der neuseeländische Spinat (*Tetragonia expansa*).

Von den einheimischen Polygonazeen kommen als Gemüse mehrere *Rumex*-Arten in Betracht (*R. acetosa*, *R. acetosella*, *R. crispus*, *R. scutatus*,

Fig. 204. Weiße Melde (*Chenopodium album*).

R. obtusifolius); über den angenehmen sauren Geschmack der Blätter und ihre Bekömmlichkeit s. S. 85. Vom Rharbarber werden vornehmlich die Blattstiele (Kulturformen des *Rheum rhaponticum*) genossen; über die Blattspreiten und ihre Giftigkeit s. S. 85. Durch Zusatz von Kalk (nicht Soda!) läßt sich die Oxalsäure binden und das Gemüse entgiften. Als eßbar sind

gelegentlich auch die jungen Blütenstände bezeichnet worden; zuverlässige Mitteilungen über ihre Bekömmlichkeit liegen nicht vor.

Beta cicla (= *B. vulgaris var. cicla*) liefert als Blattgemüse den Mangold, *B. vulgaris var. rapa* die rote Bete (rote Rübe, Runkelrübe), deren fleischige Wurzeln zu Salat verarbeitet werden.

Die Karyophyllazeen liefern mit der Vogelmiere ein während des ganzen Jahres zur Verfügung stehendes, chlorophyllreiches, zartes, schmackhaftes, aber nicht sehr ergiebiges Wildgemüse.

Ungleich wichtiger als die rote „Salatrunkel" ist die farblose, ihres Zuckergehaltes wegen kultivierte Form, die Zuckerrübe. Wild kommt sie nur noch verstreut am Mittelmeer vor (5—6 % Zucker); bei den verschiedenen Kulturformen steigt der Zuckergehalt auf 15—18 %. Ihr Zucker ist Saccharose (s. o. S. 87), andere Zuckerarten sind ihr nur spurenweise beigemischt. Die Rüben werden zerkleinert, ihr Zucker (bei 55—65°) durch Diffusion gewonnen, die Lösung gereinigt und eingedickt. Den Zucker läßt man hiernach auskristallisieren; schließlich Raffination oder Reinigung des Zuckers. Als Melasse wird eine schwarzbraune K- und N-reiche zähe Masse bezeichnet, deren Saccharosegehalt nicht mehr unmittelbar zur Kristallisation gebracht werden kann (Herstellung von Spiritus, Viehfutter, Düngemittel, Verwendung zu Hefekultur).

Fig. 205. Gartennelke (*Dianthus caryophyllus*).

Zwei der wenigen dikotylen Brotfruchtarten sind *Fagopyrum esculentum* und *Chenopodium quinoa*. Ersteres wird als Buchweizen in Norddeutschland, Österreich und Ungarn viel angebaut; die Früchte werden geschält, gemahlen und als Grütze oder Mehl verwertet (Polenta nera, Plent, schwarze Plente). 68 % Stärke, 10 % Eiweiß. Zusatz zum Brot (bis 20 %). Auf die zweite Art, die Reismelde, ist während des Krieges nachdrücklich die Aufmerksamkeit gelenkt worden; sie gehört der stärkereichen (46—48 %) Samen wegen zu den wichtigsten Kulturpflanzen Perus. Neue Untersuchungen haben gezeigt, daß

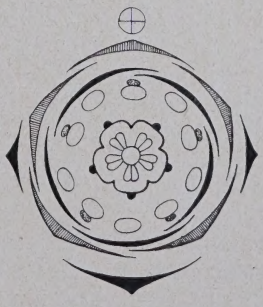


Fig. 206. Nelkengewächse (Caryophyllaceae). Nach Eichler.

klimatische und andere Faktoren ihren Anbau für deutsche Verhältnisse nicht rentabel erscheinen lassen.

Über die Beziehungen der Kornrade zu unseren Getreideprodukten s. u.

Obst. — Die Früchte der *Opuntia ficus indica* kommen als Kaktusfeigen, namentlich auch in stachellosen Varietäten, in den Handel. Kultur auch in Südeuropa.

Drogen. — Von allen offizinellen Arten sind die Rhabarberarten *Rheum officinale* und *Rh. palmatum*, die mit ihren bis kopfgroßen Wurzelstöcken das „*Rhizoma rhei*" („*Radix rhei*") der Apotheke liefern, die weitaus wichtigsten; Gehalt an Chrysophansäure, Emodin, Rhabarberon, Gerbstoff usw.; reich an Ca-Oxalat. Tonicum, Laxans, Stomachicum. Feldanbau in China, vorzugsweise Ernte der im Gebirge wild wachsenden Exemplare.

Andere Polygonazeen spielen wenigstens in der Volksmedizin eine Rolle: *Rumex patientia* (Geduldsampfer, Mönchsrhabarber) liefert mit der Wurzel ein Abführmittel; auch die oben genannten *R.*-Arten liefern Samen und Wurzeln als Heilmittel, desgleichen *Polygonum bistorta* u. a. *P.*-Arten.

Polygonum aviculare, ein mit spatelförmigen Blättern und kleinen rötlichen Blüten ausgestattetes Ruderalkraut (Fig. 201), ist sehr reich an SiO_2; der aus dem Kraut („*Herba P. avicularis*") hergestellte Homerianatee (Homerotee, s. auch S. 287) dürfte demnach Beachtung verdienen (Kobert).

Chenopodium ambrosioides (Mexiko, Westindien, Südamerika) liefert den aromatischen Jesuitentee („*Herba ch. ambrosioides*", „*H. botryos mexicanae*"), *Ch. botrys* (Mittelmeergebiet, Nordamerika) war früher offizinell, dient jetzt nur noch (wie auch vorige) zur Mottenbekämpfung. *Ch. anthelminticum* (Amerika) liefert Samen, deren Öl („*Ol. chenopodii*") in der Pädiatrie als Wurmmittel angewandt wird. Die einheimischen Verwandten sind in der Volksmedizin gebräuchlich. Auf die Stinkmelde (*Ch. vulvaria*, s. o.) hat wohl der starke Geruch nach Trimethylamin die Aufmerksamkeit gelenkt (Menostase); *Ch. bonus henricus* liefert mit Blatt und Wurzel Volksmittel.

Aus dem Spinat ist ein „Spinatsekretin" gewonnen worden, das die Verdauungsdrüsen wohltätig beeinflussen soll.

Die Wurzel des Seifenkrautes („*Radix saponariae rubra*") war früher als Diureticum, Expectorans usw. offizinell; hoher Gehalt an Saponin und Sapotoxin, daher — gleich andern Karyophyllazeen — als Waschmittel tauglich; schaumbildender Zusatz zu Getränken.

Herniaria rubra, das Bruchkraut, und die Vogelmiere, *Stellaria media*, liefern volkstümlichen Tee.

Die mexikanische Kakteenart *Anhalonium Lewinii* ruft durch ihren Gehalt an Alkaloiden rauschartige Zustände und farbenreiche Visionen hervor („*Mescal buttons*").

Giftpflanzen. — *Agrostemma githago*, die Rade, wird gefährlich, wenn allzu große Massen fruchtender Exemplare in die Getreideernte gelangen. Kleie, die viel Rade enthält, ist giftig durch ihren Gehalt an Githagin. Im Mehl verunreinigten Getreidematerials ist im allgemeinen wenig Githagin enthalten, da es im Embryo des Samens liegt und dieser samt der Samenschale zur Kleie kommt. 3—5 g Radepulver in der täglichen Brotration rufen bereits Vergiftungserscheinungen hervor. Bei Herstellung von kleiereichem Schrotbrot ist die Möglichkeit, daß reichliche Mengen Radesamen in das Gebäck kommen, stets gegeben.

Als Fagopyrismus (Buchweizenausschlag) wird eine an Schweinen, Schafen, Ziegen, Rindern usw. auch an weißen Kaninchen und Mäusen be-

obachtete, die pigmentlosen Teile der Haut befallende Entzündung bezeichnet, die nach Verfütterung des Buchweizens (*Fagopyrum*) auftritt — aber nur dann, wenn die Tiere starker Belichtung ausgesetzt sind.

3. Aphanocyclicae.

Die wirtelige Anordnung der Blütenteile ist entweder durch spiralige ersetzt oder wird durch ungleiche Zahl der in benachbarten Wirteln entwickelten Organe mehr oder minder verdeckt.

Einheimische d. h. auch im mitteleuropäischen Floragebiet vertretene Familien:

Ranunculaceae (Hahnenfußgewächse). — Kräuter mit meist wechselständigen, oft handförmig gespaltenen Blättern. Nebenblätter fehlen. Blüten zwitterig, mit Perigon oder Kelch und Krone, aktinomorph oder zygomorph. Kronblätter häufig mit Nektarien ausgestattet. Zyklische oder spiralige Anordnung der Blütenorgane. A ∞, G apokarp, 3—∞ (Fig. 207). Nüßchen oder Balgfrüchte, selten Beeren. Viele Giftpflanzen. — *Anemone*, Windröschen, mit grundständigen Blättern, in unsern Wäldern namentlich durch *A. nemorosa*, das weißblühende Buschwindröschen (Fig. 208), und die blaublühende *A. hepatica* (= *Hepatica triloba*), Leber-

Fig. 207. Hahnenfuß (*Ranunculus acer*). Mit Benutzung einer Figur von Eichler. K 5, C 5, A ∞, G ∞ (an den Kronblättern Nektarien), A spiralig, G apokarp.

Fig. 208. Buschwindröschen (*Anemone nemorosa*); unten Rhizom und Niederblätter; grundständiges Laubblatt, drei Hüllblätter unter der Blüte.

blümchen, vertreten; *A. pulsatilla* (= *Pulsatilla vulgaris*), die violette Kuh- oder Küchenschelle (Fig. 209); Perigon aller Arten blumenkronartig; den

Fig. 209. Küchenschelle (*Anemone pulsatilla*); rechts die Frucht mit verlängerten Griffel.

Blüten geht ein 3zähliger Wirtel grüner Hüllblätter voraus (Fig. 208 und 209); zahlreiche einsamige Schließfrüchtchen. — *Caltha palustris*, Sumpfdotterblume, gelbes Perigon, Balgfrüchte. — *Clematis*, Waldrebe, mit weißem 4—5 zähligem Perigon und gegenständigen Laubblättern; *Cl. vitalba* mit win-

dendem, *Cl. recta* mit aufrechtem Sproß. — *Ranunculus*, Hahnenfuß, artenreiche Gattung mit meist 5zähligem Kelch und Krone; letztere meist gelb und mit basalen Honiggrübchen; Schließfrüchte. *R. acer*, scharfer G. (Fig. 210), gefurchte Blütenstiele. *R. ficaria* (= *Ficaria verna*), Scharbockskraut,

Fig. 210. Scharfer Hahnenfuß (*Ranunculus acer*).

mit 3zähligem Kelch, aufsteigendem Stengel, herzförmigen Blättern (Fig. 211); in den Blattachseln gelbliche Knöllchen, die namentlich nach Vermoderung des Laubes auffällig werden („Weizenregen"). — *Adonis*, Adonisröschen, Kelch und Krone, letztere ohne Honiggrübchen; Schließfrüchte. — *Actaea*, Christophskraut, Blüten in Trauben, Frucht eine schwarze Beere. — *Helleborus*, Nießwurz (Christrose, S. 132), mit kronenartigem Kelch und unscheinbaren, zu tütenförmigen Nektarien umgewandelten Kronblättern

(Fig. 212); *H. niger* mit rötlichem, *H. viridis* mit grünem Kelch (Fig. 213); immergrünes Laub. — *Aconitum*, Eisenhut, zygomorphe Blüte (Fig. 62b), K 5, das oberste Blatt helmförmig; C 2, beide Blätter zu langen gestielten Nektarien umgewandelt; *A. napellus* mit violettem, *A. lycoctonum* mit gelbem Kelch. — *Delphinium*, Rittersporn, zygomorph; K 5, das oberste Blatt gespornt; C 5, zwei Blätter mit Halbspornen, die zu einem einheit-

Fig. 211. Scharbockskraut (*Ranunculus ficaria*).

lichen sich ergänzend in dem Sporn des Kelches liegen; K und C blau. *D. consolida*, Ackerunkraut. — *Aquilegia*, Akelei; aktinomorph, K 5, C 5, sämtliche Kronblätter gespornt (Fig. 214). K und C violett. — *Paeonia*, Pfingstrose, mit sehr großen, aktinomorphen, purpurnen Blüten; K 5, C mindestens 5; große Balgfrüchte, schwarze, glänzende Samen; Wurzeln rübenförmig verdickt. Oft in gefüllten Varietäten gezogen und wie viele *Aquilegia*- und *Delphinium*-Arten als Zierpflanzen geschätzt.

Berberidaceae. — Trimerer Blütenbau, K 3 + 3, C 3 + 3, A 3 + 3, G 1. — *Berberis vulgaris*, Sauerdorn (Berberitze) mit dornigen Langtrieben

Fig. 212. Nießwurz (*Helleborus niger*): die Kronblätter zu tütenähnlichen Nektarien umgewandelt.

Fig. 213. Nießwurz (*Helleborus viridis*).

(Fig. 41), roten Beerenfrüchten. — *Mahonia aquifolium*, Mahonie (Nordamerika), wegen der immergrünen Blätter als Zierstrauch gezogen; schwarzblaue Beeren. — *Podophyllum peltatum* (Nordamerika).

Papaveraceae (Mohngewächse) — Kräuter mit Milchsaft in ungegliederten Milchröhren, Kapselfrucht. — *Papaver*, Mohn, K 2, C 4, A ∞, G ∞, Kelch hinfällig, porizide Kapseln (Fig. 215), sehr zahlreiche fettreiche Samen. *P. rhoeas*, Klatschmohn, häufiges Ackerunkraut mit leuchtend roter Krone; *P. somniferum*, Schlafmohn (Fig. 216), wichtige Arzneipflanze und in zahlreichen Farbenvarietäten in den Gärten gezogen; Blätter stengelumfassend, graugrün. — *Chelidonium majus*, Schöllkraut, häufige Ruderalpflanze, 4zählige, gelbe Blüten, fiederteilige, unterseits bläuliche Blätter, gelber Milchsaft (Fig. 217); Frucht eine lange, schotenähnliche Kapsel.

Den Mohngewächsen nahestehend *Fumaria officinalis*, Erdrauch, weit verbreitetes Ackerunkraut mit doppelt gefiederten Blättern (Fig. 218), purpurnen, zygomorphen, gespornten Blüten und einsamiger Schließfrucht.

Fig. 214. Akelei (*Aquilegia*).

Fig. 215. Schlafmohn (*Papaver somniferum*): Kapselfrucht, porizide Öffnungsweise.

Cruciferae (Kreuzblütler). — Kräuter mit wechselständigen, oft fiederspaltigen Blättern; kein Milchsaft. Blüten in deckblattlosen Trauben (Fig. 127 und 221); K 2 + 2, C 4, A 2 + 4, G 2, der äußere Kreis des Androe-

ceums besteht aus 2 kurzen, der innere aus 4 langen Staubgefäßen (Linnes Tetradynamia). Fruchtknoten, zweifächerig durch falsche Scheidewand, liefert eine Schote (Fig. 68c, 127); Früchte, die ebenso lang wie breit oder höchstens 3 mal so lang wie breit sind (Fig. 221), heißen Schötchen, perlschnurähnlich eingeschnürte heißen Gliederschoten (Fig. 69 d). Samen reich

Fig. 216. Schlafmohn (*Papaver somniferum*): beblätterter Sproß mit nickender Blütenknospe.

an Fett. — Meist gelb oder weiß blühende Kräuter: *Brassica oleracea*, Kohl, *B. rapa*, Rübsen, *B. napus*, Raps, *B. nigra*, Senf; weit verbreitete Unkräuter sind *Capsella bursa pastoris*, Hirtentäschelkraut (Fig. 221); *Sinapis arvensis*, Ackersenf, *Sisymbrium officinalle*, Rauke, *Alliaria officinalis*, Knoblauchskraut (Fig. 127); wichtige Zierpflanze: *Cheiranthus Cheiri*, Goldlack. Auf Wiesen verbreitet die zart violett blühende *Cardamine pratensis*, Wiesenschaumkraut (Fig. 222).

Den Kreuzblütlern nahestehend: *Capparis spinosa*, der mediterrane Kappernstrauch.

Fig. 217. Schöllkraut (*Chelidonium majus*): aus den Wunden quillt gelber Milchsaft.

Violaceae. — Kräuter mit wechselständigen Blättern; Nebenblätter vorhanden. K 5, C 5, A 5, G 3. Blüten zygomorph, Kapselfrucht. —*Viola odorata*, das duftende Märzveilchen, *V. tricolor*, das Stiefmütterchen

Fig. 218. Erdrauch (*Fumaria officinalis*).

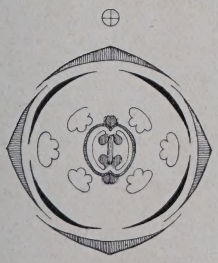


Fig. 219.
Kreuzblütler nach
Eichler.

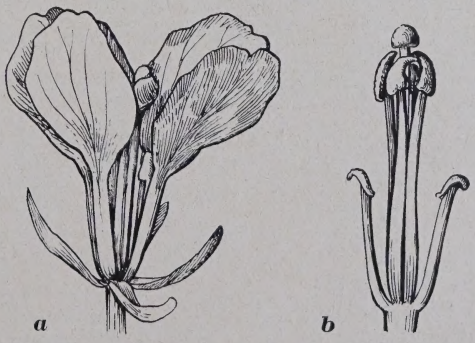


Fig. 220. Kreuzblütler: *a*) vollständige Blüte; *b*) die Geschlechtsorgane der Blüte, zwei kurze, vier lange Staubgefäße; von letzteren umgeben der Stempel mit rundlicher Narbe.

(Fig. 223); das unterste Kronblatt gespornt. Die Staubbeutel sitzend, die beiden neben dem Sporn stehenden mit schwanzartigen Anhängseln.

Ihnen nahestehend die mit aktinomorphen Blüten ausgestattete *Drosera*, Sonnentau; häufigste Art: *Dr. rotundifolia*. Die Blätter mit „Tentakeln" besetzt, die zum Fang und zur Verdauung kleiner Insekten tauglich sind (s. o. S. 115).

Hypericaceae. — Kräuter mit gegenständigen Blättern; die Sekretbehälter der letzteren machen sich

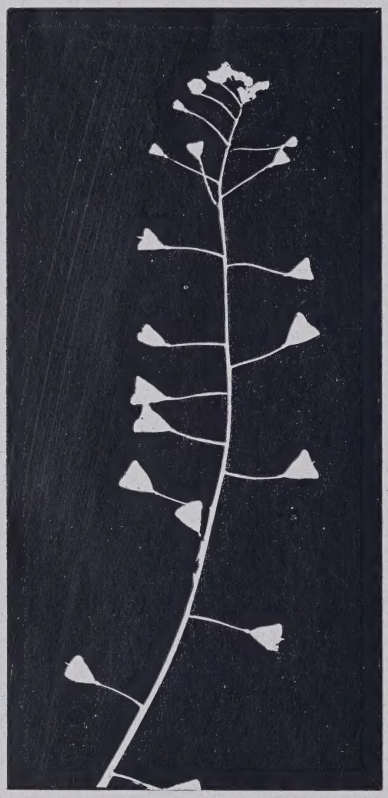


Fig. 221. Hirtentäschelkraut (*Capsella bursa pastoris*): deckblattlose Traube, dreieckige Schötchen, Naturselbstdruck.

Fig. 222. Wiesenschaumkraut (*Cardamine pratensis*).

als durchscheinende Punkte bemerkbar. K 5, C 5, A ∞ und polyadelphisch. — *Hypericum perforatum*, Johanniskraut (Hartheu).

Tiliaceae. — Holzpflanzen mit wechselständigen Blättern und Nebenblättern; K 5, C 5, A ∞, G 5. — *Tilia* Linde, bei uns durch *T. platyphyllos*, die großblättrige Sommerlinde, und *T. ulmifolia*, die kleinblättrige Winterlinde, vertreten; herzförmige Blätter; achselständige, dichasiale Blütenstände, deren Spindel mit einem zungenförmigen Hochblatt verwächst

(Fig. 64 a). Superponiert vor den Kronblättern je eine Gruppe von Staubgefäßen (Fig. 225), einsamige Nuß. Linden liefern der Technik Holz und Bast; Bienenfutter.

Fig. 223. Stiefmütterchen (*Viola tricolor*).

Malvaceae. — Meist Kräuter mit wechselständigen, handförmig gelappten Blättern. Nebenblätter vorhanden. Kelch durch Außenkelch verstärkt: AK 3—9, K 5, C 5, A ∞, G ∞. Filamente zu einer Röhre verwachsen, welche die Griffel umgibt (Fig. 226). — *Malva*, Malve, mit 3zähligem AK, Frucht scheibenförmig („Malvenkäschen", Fig. 69 c), zerfällt in zahlreiche Sektoren; *M. silvestris* mit großen, *M. neglecta* mit kleinen

Fig. 224. Violaceae (*Viola*); nach Eichler.

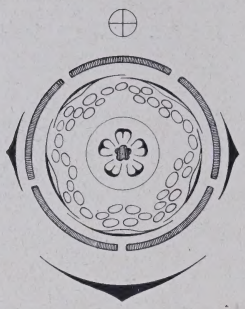


Fig. 225. Tiliaceae (*Tilia*); nach Eichler.

Fig. 226. Malve (*Malva silvestris*).

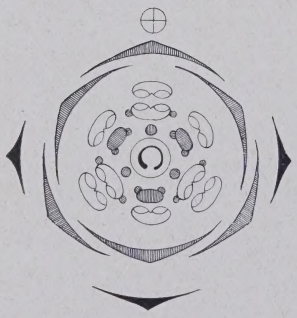


Fig. 227. Lauraceae (*Camphora*); nach Eichler. Zwitterige dreizählige Blüte.

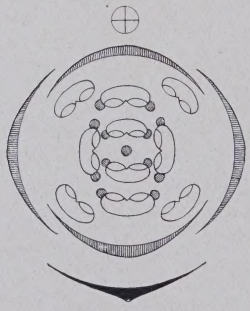


Fig. 228. Lorbeer (*Laurus nobilis*); nach Eichler. Männliche vierzählige Blüte.

Blüten und abwärts gebogenen Fruchtstielen. — *Althaea*, Eibisch, mit C—9blättrigem AK; *A. rosea*, Roseneibisch (Pappelrose), *A. officinalis*, der echte Eibisch.

Ausländische Familien;

Lauraceae. — Meist immergrüne Holzpflanzen mit meist 3zähligem Blütenbau (Fig. 227); Sekretzellen. — *Laurus nobilis*, Lorbeer, im Süden als Nutzpflanze, bei uns als Zierbaum gepflanzt; Blüten 4zählig (Fig. 228), diözisch. — *Cinnamomum*, tropische Gattung, mit *C. cassia* (China) und *C. zeylanicum* (Zeylon), den Zimtbäumen, und *C. camphora*, Kampfer (China). — *Sassafras officinalis*, Nordamerika, Baum mit polymorphem Laub (Fig. 44), sommergrün.

Myristicaceae. — Tropische Bäume mit 3zähligem Perigon. — *Myristica fragrans*, Muskatnuß (Molukken); Frucht mit fleischigem, gleichwohl spontan sich öffnendem Perikarp (Fig. 67); einsamig, Arillus, Perisperm, Endosperm (s. o. S. 54).

Ternstroemiaceae. — Tropische Holzpflanzen; K 5, C 5, A ∞, G 3; den Hyperikazeen nahestehend. — *Thea sinensis*, Teestrauch, uralte Kulturpflanze Chinas.

Ihnen nahestehend: *Garcinia Hanburyi* (Südasien), *Dryobalanops camphora* (Sumatra) und *Shorea Wiesneri* (Ostindien, Philippinen), die wichtige Rohstoffe, Gutti, Borneokampfer und Dammar, liefern.

Sterculiaceae. — Tropische Bäume, Androeceum zu einer Röhre ver-

wachsen. — *Theobroma cacao*, Kakaobaum (Mittel- und Südamerika) wird im ganzen Tropengürtel kultiviert; Hauptproduktionsländer Ecuador und englische Goldküste. Die Bäume tragen vom 4. Jahre ab. Jahresernte 1—2 kg Samen. Wie bei vielen tropischen Bäumen entsprießen die Blüten dem alten Holz (Kauliflorie). *Cola*, Kolanuß, Afrika.

Lebensmittelgewerbe. — Vielseitige Bedeutung für dieses haben vor allem die Kruziferen; sie liefern Gemüse, Ölsaat, Gewürze.

Gemüse, *Brassica oleracea*, der Kohl, wird in sehr zahlreichen Formen gezogen. Als *Br. acephala*, dessen Blätter nicht zu einem „Kopf" geschlossen sind, wird der formenreiche Grün-, Braun-, Winterkohl usw. bezeichnet. *Br. sabauda*, Wirsing, mit blasig aufgetriebenen Blättern. Von *Br. gongylodes*, Kohlrabi (Oberkohlrabi, Oberrüben) werden die Knollen genossen, zu welchen sich die oberirdischen Achsen verdicken. *Br. capitata* ist der in verschiedenen roten oder blassen Formen gezogene Krautkopf (Rot-, Wein-, Weißkraut, Weißkohl, Kabbes usw.). *Br. gemmifera*, Rosenkohl, trägt an der Hauptachse zahlreiche festgeschlossene Kohlköpfchen, die aus den Achselknospen sich entwickelt haben. *Br. botrytis*, Blumenkohl, liefert genießbare Infloreszenzen; Broccoli mit rispig ausgebreiteten, Karwiol mit dicht gehäuften Zweigsystemen und Blütenmassen. Über die Chemie der Kohlarten s. o. S. 182. Gehobelter Kohl, der eine Milchsäuregärung durchgemacht hat, wird zu Sauerkraut (Sauerkohl). — *Brassica rapa var. rapifera* liefert die in manchen Teilen Deutschlands als Frühjahrsgemüse viel genossenen Rübstielchen, gleichzeitig auch wertvolles Wurzelgemüse (s. u.). — Als wildwachsende Gemüsepflanzen sind zwei einander ähnliche, in Quellen und Bächen häufige Arten zu nennen, *Nasturtium officinale*, Brunnenkresse, mit gelben — und *Cardamine amara*, bitteres Schaumkraut, mit violetten Staubbeuteln. In Erfurt schon Mitte des 17. Jahrhunderts, später in England und Frankreich viel kultiviert; beide auch im Winter zu ernten. Ersteres soll Abortus hervorrufen können. *Barbaraea vulgaris*, Winterkresse, auf feuchten Wiesen, *Lepidium sativum*, Gartenkresse, in mehreren, scharf schmeckenden, schnellwüchsigen Varietäten kultiviert. Verschiedene Garten- und Ackerunkräuter liefern jung geerntet gutes Gemüse und schmackhaften Salat: *Capsella bursa pastoris*, *Sinapis arvensis*, *Raphanus raphanistrum* (Hederich), *Erysimum cheiranthoides* (Schotendotter) u. a. — Von den Wurzelgemüsen ist das Teltower Rübchen (*Brassica rapa var. rapifera*, s. o.) das vornehmste, das meist genossene die Steckrübe (Erdkohlrabi, Unterkohlrabi, Wruke, Kohlrübe, *Br. napus var. esculenta*, 3 % Zucker, 1,4 % N-Substanzen, 80 % Wasser). *Raphanus sativus* liefert in mehreren Formen die schwarzen Rettiche, die roten oder weißen Radieschen, *Cochlearia armoracia* den scharfen Meerrettich (Kren), der durch Gehalt an N- und S-haltigen Senfölen bzw. deren Glykosiden den charakteristischen Geschmack bekommt.

Öl. — Bevor die Einfuhr tropischer und subtropischer Fette reichlich wurde, spielten unter den einheimischen Formen der Ölsaat die Kruziferen eine große Rolle, vor allem Raps (*Brassica napus var. oleifera*, 42 % Fett) und Rübsen (*Br. rapa var. oleifera*, 33,5 %). Noch manche anderen Kreuzblütler können auf Fett verwertet werden, z. B. Ackersenf (*Sinapis arvensis*), Hederich (*Raphanus raphanistrum*) und Leindotter (*Camelina sativa*) mit 25—40 % Fett; das der letzteren kommt als deutsches Sesamöl in den Handel. Alle Kruziferenöle sind halbtrocknend und als technische wie Speiseöle zu

verwerten. — Das trocknende Mohnöl ist in den Samen des Schlafmohnes (*Papaver somniferum*) zu 47—51% enthalten; die blaugrauen Körner mancher Varietäten werden auf Gebäck gestreut und gleichzeitig durch Ölreichtum und als Gewürz wertvoll. — Über das Fett der Kakaobohne s. u.

Obst. — Die Beeren der Berberitze liefern eine saure, aber wohlschmeckende Marmelade, desgl. die blauen bereiften Beeren der *Mahonia*, die bei Laien oft im unverdienten Ruf der Giftigkeit stehen.

Alkaloidhaltige Genußmittel. — Die Kakaobohnen (Samen von *Theobroma cacao*) müssen nach der Ernte eine Gärung durchmachen, indem sie in großen Mengen aufeinander geschichtet auf der Erde oder in eigenen Gärhäusern mehrere Tage sich selbst überlassen bleiben. Ihr Geschmack wird hierbei milder, die Farbe ihrer Innenmasse bräunlich. Hierauf Trocknung, die oft durch Einreiben mit einer roten Erde beschleunigt wird, Röstung, Entölung und Pulverisierung. Geröstete Bohnen enthalten ungefähr 50% fettes Öl (Kakaobutter, s. u.), 10% Eiweiß, 9% Stärke, 1—2,75% Theobromin; die Asche ist reich an P, K, Mg. Durch Abpressen eines beträchtlichen Teils des Öls (15—30%) wird der Kakao bekömmlicher. Das Aufschließen des Kakaos mit K-, Na- oder Mg-Karbonat macht seine Bestandteile „löslich", d. h. er läßt sich mit heißem Wasser leicht zu einem Getränk anrühren, dessen Bestandteile sich lange emulgiert halten (sog. „leicht löslicher Kakao"). Eine Tasse Kakaogetränk (150 g — bestehend aus 1 Teil Kakao + 8 Teilen H_2O) enthält 3 g Fett, 3 g Eiweiß, 8 g Kohlehydrate, 0,3 g Theobromin. Gutes Kakaopulver enthät nur die Bestandteile der großen Keimlinge und ist frei von Samenschalen (Kakaoschalen), die jedoch ebenfalls ein brauchbares Getränk (geringerer Theobromingehalt) liefern. Kakao mit Zucker (60%) und Gewürzen (Vanille, Zimt, Nelken u. a., bzw. ätherische Öle und Vanillin), eventuell auch mit Mehl (Weizen, Kartoffel, Reis) liefert die Schokolade. Leicht schmelzende Arten enthalten mehr oder minder reichlichen Zusatz von Kakaobutter. Herstellung diätetischer Produkte mit Nährmitteln (Hafer), Saccharin u. a.

Als Tee kommen die gerollten getrockneten Blätter von *Thea sinensis* in den Handel — als schwarzer Tee, wenn die Blätter vor dem Trocknen zur Gewinnung guten Aromas in Haufen geschüttet worden sind und dort eine Gärung durchgemacht haben, als grüner, wenn sie ohne solche in eisernen Pfannen schnell zum Trocknen gebracht worden sind. Beim schwarzen Tee werden je nach Verwendung der ersten (Pekoe, Pecco) oder zweiten Ernte (Kongo, Souchong) verschiedene Handelssorten unterschieden. Teeblätter enthalten 0,8—3,5% Koffeïn, viel Gerbstoff (10% und mehr), ätherisches Öl, 3—7% Asche (viel K), im ganzen 30—40% mit Wasser ausziehbare Stoffe. Erregende Wirkung des Alkaloids, narkotische des ätherischen Öls. Ohne Zahl sind die Stoffe, die zur Verfälschung des Tees benutzt werden oder im Ruf geeigneter Ersatzmittel stehen: ihnen allen fehlt das Koffeïn. Verfälschung mit dem Weidenröschen, *Epilobium angustifolium*, mit Weide, Rose, Schlehe u. v. a. Wohlschmeckende einheimische Teearten liefern die Blätter von Erd-, Him-, Brom-, Heidelbeeren, Kirsche, Birke usw., ferner „*Herba hyperici*" (*Hypericum perforatum*), „*Herba serpylli*" von *Thymus*, (s. u.), „*Herba equiseti*" (S. 287), Blüten von Linde, Schlehe, Heidekraut, Stiefmütterchen (Fig. 224), Aurikel, Schlüsselblume usw., Hagebuttenkerne (s. u.), Apfelschalen usw.

Die Guru- oder Kolanüsse (*Cola vera*, *C. Ballayi*) werden wegen ihres Gehalts an Theobromin und namentlich Koffeïn (0,6—2,4%) als Stimulans

geschätzt. Verarbeitung zu Schokoladepräparaten, Kakes, Likören usw. Der Genuß der Kolanüsse macht ausdauernd bei Arbeit, sportlichen Leistungen usw. Sie bestehen vorzugsweise aus zwei großen, plattenförmigen Kotyledonen, deren Masse von einem Farbstoff (Kolarot) imprägniert wird; *C. Ballayi* hat auffallenderweise 4 Kotyledonen.

Gewürze liefern einige Kruziferen mit ihrem Gehalt an Senfölglykosiden und einige mit ätherischen Ölen ausgestattete ausländische Arten. Senf wird hauptsächlich von *Brassica nigra* und *Sinapis alba* gewonnen; andere *S.*- und *Br.*-Arten spielen nur untergeordnete Rolle. Die scharfschmeckenden flüchtigen Senföle entstehen unter der Einwirkung des Myrosins aus dem im Gewebe der Embryonen enthaltenen Sinigrin und Sinalbin. Die Samen werden durch Pressung entölt; der fettarme Rückstand liefert nach Pulverisierung und Bindung mit Essig oder Most den Senf (Mostrich). Die Körner von *S. alba* sind hell gefärbt und größer als die von *Brassica nigra* und werden unzerkleinert als Gewürz zu Fischspeisen, eingemachten Gurken usw. gegeben. Über die therapeutische Wirkung des Senfs s. u.

Vom Lorbeer sind die Blätter („*Folia lauri*") als Gewürz üblich; sie sind reich an ätherischem Öl (Sekretzellen).

Die Muskatnuß, seit dem 14. Jahrhundert als Gewürz in Europa geschätzt, bekommt durch den Inhalt der im Perisperm liegenden Sekretzellen ihren charakteristischen Geschmack und Geruch. Da das Perisperm faltenförmig in das Endosperm eindringt (Fig. 67), werden auch die inneren Teile des Samens, die in der Hauptsache aus Endospermgewebe bestehen, für die Küche verwendbar. Der Samen enthält 8—15% ätherisches Öl, 20—35% Fett. Der höchst siedende Anteil des Öls, das Myristizin, gilt für ein heftiges Gift (s. u.). Der Arillus des Muskatsamens (Mazis, Muskatblüte, Banda-Mazis) enthält außer reichlichen Stärkemengen (s. o. S. 188) dasselbe Öl wie der Samen und wird gleich ihm verwertet.

Zimtrinde liefern *Cinnamomum zeylanicum* (Zeylon-Zimt, edler Zimt, Kaneel) und *C. cassia* (Zimtkassia, gemeiner oder chinesischer Zimt). Die Rinden werden durch Ablösung vom Holzzylinder geerntet und rollen sich beim Trocknen zusammen; besonders stark rollen sich die zarten Rinden des Zeylonzimts, die von 1½—2 Jahre alten Zweigen geerntet und durch Schaben von ihrem Kork befreit werden. Beide Zimtarten enthalten ca. 1,5% ätherisches Öl, das beim Zeylonzimt zu 65—70% aus Zimtaldehyd, zu 4—8% aus Eugenol (Kassia bis 90% Aldehyd) besteht. „Chips" (Zimtbruch) besteht aus allerhand Abfällen, die bei Ernte und Verwertung der Zimtrinden entstehen. Als Zimtblüten kommen die abgeblühten, getrockneten Blüten einer *C.*-Art in den Handel.

Die Kappern sind Blütenknospen der durch scharf schmeckende Stoffe ausgezeichneten *Capparis spinosa* (Südeuropa, Nordafrika); mit Salz verarbeitet, in Essig eingemacht. Verfälschung mit den kugligen Blütenknospen der einheimischen *Caltha palustris* (s. o.) u. a.

Drogen. — Bei den vom Arzneibuch geforderten handelt es sich hauptsächlich um ausländische Produkte.

Aus der alten Welt stammt „*Radix colombo*" von *Iatrorrhiza palmata* (Ostafrika, Ostindien), einem der Berberidazeen nahestehenden Schlinggewächs; Tonicum, Adstringens. Über die „*Nuces colae*" („*Semina colae*") und die als Carminativum und Digestivum gebräuchlichen Muskatnüsse („*Semen myristicae*", „*Nuces moschatae*") s. o. S. 320. Die ihnen verwandte

Boldea fragrans (*Peumus Boldus*, Peru, Chile) liefert mit den Boldoblättern („*Folia Boldo*") ein bei Leber- und Blasenleiden verabfolgtes Mittel.

Aus der neuen Welt stammt der Kakaobaum, der mit dem „*Butyrum cacao*", der Kakaobutter, die aus den Samen abgepreßt wird (s. o.), ein bei 30—35° schmelzendes Fett liefert: Herstellung von Salben, Suppositorien u. a. — Der Sassafras oder das Fenchelholz („*Lignum sassafras*") stammt von *Sassafras officinale*; Gehalt an ätherischem Öl, Diureticum, Blutreinigungsmittel. — Von *Hydrastis canadensis* sind die gelblichen Rhizome („*Rhizoma hydrastis canadensis*") als Goldsiegelwurzel („golden seal") wegen ihres Alkaloidgehalts (Hydrastin, Berberin, Kanadin) als Haemostypticum, von *Podophyllum peltatum* ebenfalls die Rhizome („*Rhizoma podophylli*", „*Radix pod. peltati*") als Purgans offizinell; beide stammen aus Nordamerika. Ein weiteres Mittel gleicher Wirkung liefert *P. Emodi* mit der „*Radix P. emodi*" (Himalaya).

Die sternartig angeordneten Balgfrüchte des *Illicium verum* (Sternanis Badian; China, Annam) liefern eine anisähnlich schmeckende Droge („*Fructus anisi stellati*"), Aromaticum, Carminativum, auch Gewürz; Likörbereitung („Anisette"); darf nicht mit dem giftigen japanischen *I. religiosum*, dessen Früchte ähnlich, aber kleiner und scharf geschnäbelt sind, verwechselt werden („Shikimi"). —

Als Vertreter der europäischen Flora sind vornehmlich Schlafmohn, Lorbeer, einige Malvazeen, ferner Stiefmütterchen und Linde zu nennen.

Der Schlafmohn (*Papaver somniferum*) wird im östlichen Mittelmeergebiet, in Vorderasien und Indien angebaut, wächst aber auch im mitteleuropäischen Klima als Zierpflanze und ist auch bei uns für Öl- und Alkaloidgewinnung in Deutschland versuchsweise und mit Erfolg angebaut worden. Die unreifen Kapseln werden angeschnitten, der aus den Wunden quellende Milchsaft trocknet zu einer zähen Masse ein, die als „*Opium*" („*Laudanum*", „*Meconium*") gesammelt und gereinigt wird; über ihren Alkaloidgehalt und die Mekonsäure s. o. S. 200; Verwendung als Narcoticum, Herstellung des zum Rauchen bestimmten Opium. Die weißen fettreichen Samen („*Semen papaveris*") dienen zur Herstellung von Emulsionen; über das „*S. papaveris coeruleum*" s. o. Die getrockneten unreifen Kapseln des Schlafmohns („*Capita papaveris*") liefern den „*Sirupus papaveris*", er enthält Opiumalkaloide und wird Kindern zur Beruhigung verabfolgt. Ähnliche Präparate werden aus dem Klatschmohn („*Flores rhoeados*") hergestellt. Das Schöllkraut (Fig. 217) ist nur in der Volksmedizin gebräuchlich (Mittel zum Beizen der Warzen), desgl. der Erdrauch (Fig. 218).

Vom Lorbeer dienen die Früchte („*Fructus lauri*", „*Baccae lauri*"), die in Volksmedizin und Veterinärpraxis eine Rolle spielen, zur Herstellung des chlorophyllreichen „*Oleum lauri expressum*"; Gehalt an ätherischen Ölen und Lorbeerkampfer; Herstellung von Anstrichfarben für Fleischereien u. ähnl. (fliegenverscheuchende Wirkung).

Malva neglecta und *M. silvestris* liefern die schleimreichen „*Folia malvae*" (Emolliens, Mucilaginosum), *M. silvestris* außerdem die „*Flores malvae*" (ebenso). Von *Althaea officinalis* stammen „*Folia althaeae*" (Kataplasmen) und „*Radix althaeae*" (Mucilaginosum); wichtiger Bestandteil des Brusttees („*Species pectorales*").

Vom Stiefmütterchen ist die „*Herba violae tricoloris*" (früher sog. „*H. jaceae*") als Laxans, Aufguß oder als Tinktur gegen Hautkrankheiten wertvoll. Das duftende Märzveilchen liefert den Naturheilkundigen seine Blätter.

Drosera rotundifolia liefert eine Herba, die als Volksmittel gegen Dyspepsie und viele andere Übel in der homöopathischen Klinik gebraucht wird; Verwendung der Tinktur gegen Keuchhusten usf. — *Hypericum perforatum* wird ebenfalls in Homöopathie und Volksmedizin angewandt.

Die Linde (*Tilia platyphyllos* und *T. ulmifolia*) liefert mit den „*Flores tiliae*" (getrockneten Blütenständen nebst Hochblättern s. o.) Material für den einst sehr beliebten Lindenblütentee (Diaphoreticum). Die „*Carbo ligni*" („*C. tiliae*") stammt ebenfalls von der Linde; Dyspepsie, Meteorismus; Zahnpulver; vielseitige Verwendung bei den Homöopathen.

Die Ranunkulazeen liefern der Apotheke wenig. Die Knollen von *Aconitum napellus* („*Tubera aconiti*"), rübenartig verdickte Wurzeln mit Sproßanlagen, haben keine große Bedeutung mehr, ebensowenig *A. Lycoctonum*. Einige andere Vertreter derselben Familie wie *Pulsatilla* und *Helleborus* werden von den Homöopathen, noch andere wie *Adonis*, *Ranunculus*, *Anemone*, *Actaea*, *Aquilegia*, *Clematis* und *Paeonia* als Volksheilmittel angewandt.

Berberis vulgaris ist wegen ihres Alkaloidgehaltes (Berberin) bereits mehrfach als Heilpflanze empfohlen worden; man hat erwogen, ob „*Radix colombo*" (s. o.) durch *Berberis* zu ersetzen möglich ist.

Von den Kruziferen ist der Senf (*Brassica nigra*) als volkstümliche Heilpflanze — Verwendung des hautreizenden Senfmehls zu Kataplasmen, als „*Charta sinapisata*" oder Senfpflaster, als Senfspiritus — allgemein bekannt. Dieselben Kruziferen, die als Wildgemüsepflanzen oben zu erwähnen waren, spielen in der Volksmedizin und Homöopathie eine Rolle (*Capsella bursa pastoris*, *Lepidium sativum*, *Nasturtium officinale*, ferner *Alliaria officinalis*, *Sisymbrium officinale* und *S. sophia* u. a.). Besonderes Interesse hat neuerdings *Capsella bursa pastoris* (Fig. 121) auf sich gelenkt: schon seit dem 15. Jahrhundert als blutstillendes Mittel bekannt, liefert sie ein als Secale-Ersatz wertvolles Präparat („Siccostypt").

Verwendung in der ***Parfümerie*** finden folgende Produkte: Aus den Blüten der dem Muskatnußbaum systematisch nahe stehenden *Cananga odorata* (Ostindien, Philippinen) wird das Kanangaöl oder Ylang-Ylang (fälschlich Orchideenöl genannt) hergestellt; Gehalt an Linolool und Geraniol. Über die „tannenduft"spendenden „*Folia Boldo*" s. o. Die „Bisamkörner" (Moschuskörner) stammen von einer ägyptischen und ostindischen Malvazee (*Abelmoschus moschatus*).

Wichtige ***Rohstoffe,*** die in der Apotheke und zumeist auch in verschiedenen Industrien ihre Rolle spielen, sind folgende.

Die Haare, mit welchen die Samen der Baumwollpflanze (*Gossypium*-Arten) bedeckt sind, werden nach der Fruchtreife von den Samen abgerissen und gereinigt. Die Baumwollfäden sind einzellige, oft kollabierte oder schraubig gedrehte (Fig. 102), bis 5 cm lange, tote, lufterfüllte Zellen, deren Wand nahezu aus reiner Zellulose besteht (ca. 2% Asche), fest und biegsam ist und alle Eigenschaften hat, um die Fasern für die Textilindustrie wertvoll zu machen. Gegenüber allen andern pflanzlichen Gespinstfasern sind die der Baumwolle dadurch ausgezeichnet, daß sie von der Stammpflanze bereits als isolierte Fäden geliefert werden und nicht erst durch umständliche Mazerationsprozesse von einem Rindengewebe befreit zu werden brauchen. — Als Ersatz für Baumwolle kommt der kurzfaserige Zellstoff (Holzzellstoff) in Betracht, den man aus Holz gewinnen und zu Zellstoffwatte, Kunstseide usw. verarbeiten kann.

Den Malvengewächsen nahe verwandt ist *Ceiba pentandra* (trop. Amerika); sie liefert mit den Haaren ihrer Früchte das als Stopf- und Polstermaterial wertvolle „Kapok". In die verwandtschaftliche Nähe der Linden gehören die *Corchorus*-Arten (*C. capsularis* und *C. olitorius*, Indien), deren Bast die Jutefaser liefert.

Kampfer wird durch Destillation aus den an Sekretzellen reichen Zweigen des *Cinnamomum camphora* (chinesischer, japanischer K., Formosakampfer, „*Camphora raffinata*"), sowie aus *Dryobalanops aromatica* (Borneokampfer, „*Camphora sumatrensis*") gewonnen. Vielseitige klinische Verwendung des ersteren (Sedativum, Diaphoreticum, Analgeticum usw.), Verarbeitung mit Salizyl-, Zitronensäure, Brom usw. zu verschiedenen therapeutischen Präparaten, Verwendung bei Herstellung des Zelluloids (Kollodium + Kampfer) usw.

Dammarharz („*Resina Dammar*") stammt von *Shorea Wiesneri*; Material zu Firnissen, Pflastern u. a.

Gummigutt („*Gutti*") fließt aus den Wunden, die man den Stämmen von *Garcinia Hanburyi* beibringt, und erstarrt zu einer rotgelben Masse; Herstellung von Farben, Firnissen usw.

Giftpflanzen. — Die Ranunkulazeen gehören zu den an giftigen Arten reichsten Familien der einheimischen Flora. Vom Hahnenfuß sind mehrere Arten, *Ranunculus acer* (Fig. 207), *R. sceleratus*, *R. flammula*, durch Gehalt an hautreizenden Stoffen giftig, ferner *Anemone nemorosa* (Fig. 208), *A. verna* und *A. pulsatilla* (Fig. 209) durch Gehalt an Anemonol. Die Knöllchen von *Ranunculus ficaria* (Fig. 211) sollen vor der Blütezeit giftig sein; ob auch Blätter giftig sein können, ist nicht mit Sicherheit bekannt. *Clematis*-Arten und *Actaea spicata* sind giftig, *Caltha* und *Paeonia* verdächtig. Gifte mit ausgesprochener Herzwirkung in *Adonis* und *Helleborus*. Außerordentlich stark wirkende Gifte enthalten *Aconitum* und *Delphinium*. Die Akonitstoffe (Alkaloide) schon seit dem Altertum als schnellwirkende Gifte bekannt; bis ins 14. Jahrhundert zur Vergiftung der Kriegswaffen gebraucht, 1524 Versuche an Verurteilten mit tödlichem Ausgang. Die Blätter weniger alkaloidreich als die Knollen („*Tubera aconiti*" von *A. napellus*) oder Rhizome (*A. lycoctonum*); stark lähmende Wirkung. Honig, der von *Aconitum* gesammelt ist, soll giftig sein. *Delphinium consolida* enthält geringe, *D. staphisagria* (Mittelmeergebiet) größere Mengen von Alkaloiden (Kalkatripin, Delphinin, Staphisagrin u. a.); das „*Semen staphisagriae*" („*S. staphidis agriae*", Stephanskörner, Läusekörner) als Antineuralgicum und Läusebekämpfungsmittel brauchbar.

Über *Papaver somniferum* und das bei uns weit verbreitete *P. rhoeas* und ihre Opiumalkaloide s. o. *Chelidonium majus* enthält Alkaloide und hautreizende Harze in seinem Saft (Fig. 217).

Cheiranthus Cheiri (Goldlack) enthält ein Herzgift.

Die Muskatnuß (s. o.) ist giftig; schon ein Same vermag heftige Beschwerden hervorzurufen.

4. Eucyclicae.

Die Blütenorgane stehen in zyklischer Anordnung, ihre Kreise sind deutlich erkennbar: K 5, C 5, A 5, G 2 — ∞ (Fig. 229); Fruchtknoten oberständig.

Einheimische Familien:

Geraniaceae (Storchschnabelgewächse). — Kräuter mit handspaltig gelappten oder geteilten Blättern, Blüten meist aktinomorph. Der Griffel wird bei der Fruchtreife zu einem langen, geraden „Schnabel", von dem sich fünf einsamige Anteile mit einem sich hygroskopisch zu einer Schraube einrollenden, grannenähnlichen Fortsatz ablösen (Fig. 114). — *Geranium*, Storchschnabel A 5 + 5; *Erodium*, Reiherschnabel, A 5 + fünf Staminodien (Fig. 229). — *Pelargonium*, Pelargonie (Afrika), stark riechende, mit Drüsenhaaren bedeckte Zierpflanze; Blüten zygomorph.

Ihnen nahestehend: *Oxalis*, Sauerklee, A 10, aktinomorphe Blüten; 3zählige, zu nyktinastischen Bewegungen befähigte Blätter. *O. acetosella*, Hasenampfer, weit verbreitete Waldpflanzen.

Linaceae. — Kräuter mit ungeteilten Blättern und aktinomorphen Blüten. A 5, G 5, mit 5 falschen Scheidewänden (Fig. 55e). — *Linum usitatissimum*, Lein, als Öl- und Faserpflanze seit Jahrtausenden hochgeschätzt und eifrig angebaut; zehnsamige Kapsel.

Aceraceae. — Bäume oder Sträucher mit gegenständigen, handähnlich gelappten Blättern (Fig. 20); K 4 — 5, C 4 — 9, A 8, G 2. — *Acer*, Ahorn, mit geflügelter, zweiteiliger Spaltfrucht (Fig. 69 a, b); bei uns durch *A. campestre*, Feldahorn, *A. platanoides*, Spitzahorn, und *A. pseudoplatanus*, Bergahorn vertreten.

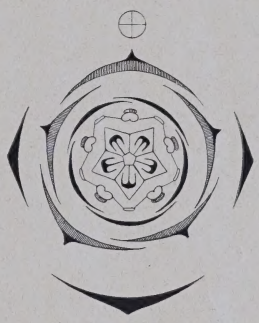


Fig. 229. Geraniaceae (*Erodium*); nach Eichler.

Fig. 230. Rhamnaceae (*Rh. cathartica*); nach Eichler.

Ihnen nahestehend: *Aesculus hippocastanum*, Roßkastanie (Balkanhalbinsel); gefingerte Blätter, zygomorphe Blüten; Kapsel mit einem oder mehreren mahagonibraunen Samen. — *Paullinia sorbilis*, Südamerika.

Polygalaceae. — *Polygala vulgaris*, Kreuzblume; K 5 (2 kronblattähnlich gefärbte), C 3, A 8, G 2. Zierliches Kraut mit zygomorphen Blüten.

Rhamnaceae. — Sträucher mit einfachen, wechsel- oder gegenständigen Blättern, Nebenblätter vorhanden, Blüten 4—5zählig, unscheinbar, Beerenfrucht. — *Rhamnus frangula*, Faulbaum, mit fünfzähligen, *Rh. cathartica*, Kreuzdorn, mit vierzähligen Blüten und bedornten Sproßsystemen (Fig. 230). Blätter der ersteren ganzrandig, wechselständig, die des zweiten gezähnt, gegenständig.

Aquifoliaceae. — Immergrüne Holzpflanzen mit wechselständigen Blättern, vierzähligen Blüten. — *Ilex aquifolium*, Hülse (Stechpalme, Stecheiche) mit dornig gezähnten Blättern, grünlichen Blüten, roten Beeren.

Vitaceae. — Rankende Sträucher (Fig. 23); gelappte oder gefingerte Blätter; Nebenblätter vorhanden, fünfzählige Blüte (Fig. 231), Beeren. — *Vitis vinifera*, Rebstock (Weinrebe), eine der ältesten Kulturpflanzen, Langtriebe („Lotten"), welche Blütenstände (Rispen, „Gescheine") entwickeln können, und Kurztriebe („Geizen"), die unfruchtbar bleiben; K 5 unscheinbar; C 5 wird vor der Blüte als Häubchen abgeworfen. Die wilde Form des Rebstocks diözisch, die kultivierten mit zwitterigen und rein

weiblichen Exemplaren. Wichtige Krankheiten des Rebstockes: Meltau (*Uncinula necator*), sog. Peronosporakrankheit (*Plasmopara viticola*), das Black-rot (*Guignardia Bidwellii*); gefährlichster tierischer Schädling die Reblaus (*Phylloxera vastatrix*) — vgl. V. Kapitel des ersten Teils. — *Ampelopsis*, wilder Wein (Jungfernrebe), bekannter Kletterstrauch unserer Gärten.

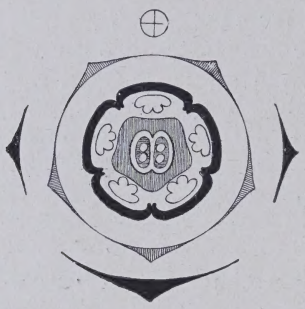


Fig. 231. Vitaceae (*Ampelopsis*); nach Eichler.

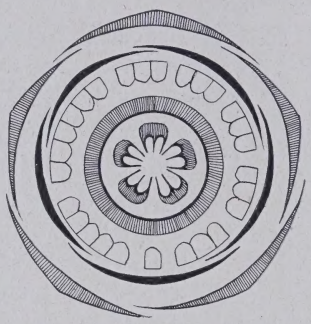


Fig. 232. Rutaceae (*Citrus*); nach Eichler.

Rutaceae. — Meist Holzpflanzen mit einfachen, immergrünen Blättern, 4—5zähligen, meist aktinomorphen Blüten; starke Ausbildung von Drüsen (Sekretlücken). — In der einheimischen Flora vertreten durch *Ruta graveolens*, Raute, graugrünes, stark duftendes Kraut mit mehrfach gefiederten Blättern und 4—5zähligen, gelben Blüten; stammt aus Südeuropa. — *Dictamnus albus*, Diptam, sehr drüsenreiche, stattliche, weiß und rosa blühende Pflanze; K 5, C 5, A 10, G 5. — Wichtigste ausländische Gattung: *Citrus*, deren Arten mit ihren saftigen, derbschaligen, aromatisch duftenden Beerenfrüchten die verschiedenen Arten der „Agrumi" (Apfelsine, Zitrone usw.) liefern. K 5, C 5, A ∞ (polyadelphisch), G 5 (Fig. 232).

Ausländische Familien:

Anacardiaceae. — Holzpflanzen mit einfachen oder gefiederten Blättern; reich an Harzgängen. — *Rhus typhina*, Essigbaum (Nordamerika), mit gefiederten Blättern, *Rh. cotinus*, Perückenbaum (Südeuropa, Asien), mit ungeteilten, rundlichen Blättern, in unsern Gärten viel gezogen. — *Pistacia*, mediterrane Arten; *Semecarpus*.

Erythroxylaceae. — Tropische Holzpflanzen mit einfachen Blättern; Steinfrucht. — *Erythroxylon coca*.

Lebensmittelgewerbe. — Die Euzyklier liefern für dieses vor allem wichtige Obstarten: die Weintraube und die Agrumi.

Die reifen Beeren des Rebstocks werden roh genossen (Traubenkur in Meran, Dürkheim usw.), in getrocknetem Zustand als Rosinen verwertet oder zu Most und Wein verarbeitet. In allen Fällen ist ihr hoher Zuckergehalt von entscheidender Bedeutung. Der Saft enthält 10—30% Invertzucker, 0,5—1,4% Weinsäure (oder weinsaures Kalium), ferner Pektinstoffe, Eiweißverbindungen, Mineralbestandteile und mancherlei für den Geschmack der durch Gärung gewonnenen Produkte wichtigen Extraktstoffe („Vollmündigkeit" des Weins). Die Schale ist reich an Zellulose, an Gerbstoff und — bei blauen Trauben — an Anthozyan; nur selten wird letzteres auch im Saft des Beerenfleisches angetroffen. Die Kerne enthalten viel Zellulose, Gerbstoff und 8—10% fettes Öl, dessen Gewinnung in manchen Weingegenden eifrig betrieben wird. Die Stiele der Weintrauben (Kämme, Grappen) sind reich an Gerbstoff und freier Säure.

Bei der Gewinnung des Weins sind auch die in Kernen und Kämmen enthaltenen Stoffe beteiligt, wenn nicht durch besondere Manipulationen diese entfernt und die Zertrümmerung der Kerne verhindert wird; die aus zerquetschten Trauben gewonnene Masse ist die Maische, der Saft heißt Most; die festen Rückstände (Schalen, Kerne, Kämme) heißen Trester oder Treber.

Über die Vergärung des Traubensaftes durch *Saccharomyces ellipsoideus* s. o. S. 262. Die verschiedenen bei der Weingärung sich betätigenden Heferassen unterscheiden sich durch die Höhe des Alkoholgehalts, den ihr Gärungsprodukt erreicht, und durch die noch ungenügend bekannten Nebenprodukte der Gärung. Der Alkoholgehalt steigt von 7% (Badische Weine, Mosel, Saar) und 8% (Rheingau, Bordeaux, Italien) bis 12% (Malaga), 14% (Madeira) und 16% (Sherry, Oporto). Der Gesamtsäuregehalt hält sich bei nordischen Weinen zwischen 0,55—0,77% und sinkt bei südlichen Dessertweinen auf 0,44%. Zuckergehalt der deutschen Weine 0,10—0,30%, bei den südlichen 3 (Sherry u. a.) bis 18% (Malaga). Weine, deren Zuckergehalt ganz vergoren ist, heißen trocken, CO_2-haltige spritzig. Konservierung des Weins durch Pasteurisieren (Erhitzen auf 55—65°).

„*Vinum*" ist offizinell. Für Pepsin-, Kondurangowein, weinige Rhabarbertinktur und ähnliches sind Sherry, Madeira, Marsala, Oporto oder andere Süßweine mit 11—16% Alkohol und 8% Extraktstoffen vorgeschrieben.

Rosinen sind getrocknete Weinbeeren. „Große Rosinen" („*Passulae majores*") stammen von *Vitis vinifera*, auch der amerikanischen *V. labrusca*; Hauptproduktionsländer Spanien, Frankreich, Griechenland, auch Kalifornien; die größten werden als Sultaninen, als Zibeben hartfleischige dunkle R. bezeichnet. Die Malagatraubenrosinen oder Muskateller hängen noch an ihren Stielen. Kleine R. oder Korinthen („*P. minores*") stammen von der kernlosen *V. vinifera var. apyrena*, 60—73% Invertzucker, Weinstein und freie Säure; Griechenlands Hauptexportartikel. —

Von den Agrumi kommt an erster Stelle die Apfelsine als roh genießbares Obst in Betracht (*Citrus aurantium sinensis*); säurearmer, zuckerreicher Saft; in vielen Varietäten (anthozyanreiche Blutorange, kernlose Formen usw.) gezüchtet. Die apfelsinenähnliche Pompelmus (*C. pompelmos*) kann 2—3 kg schwer werden. Die Mandarine (*C. nobilis*, Cochinchina, Südchina) ist eine besonders kleinfrüchtige, dünnschalige Apfelsine. Die Zitrone (*C. limonum*) mit zugespitzten, gelben Früchten und nicht abhebbarer Schale enthält in ihrem Safte 6—9% Zitronensäure; das im Perikarp enthaltene Zitronenöl dient als Gewürz für Speisen und Gebäck und wird in der Parfümerie verwendet. Auch andere *C.*-Arten werden durch ihre gewürzhaft duftenden Schalen für Likörbereitung, Konfiserie usw. wichtig; die Schalen der Pomeranze liefern den Curaçao, die kandierten Schalen der pomeranzenähnlichen *C. spatafora* das Orangeat, die höckerige Schale des Zitronatbaumes (*C. medica*) das Zitronat, die Apfelsinenschalen werden zu Marmelade verarbeitet usw. —

Als Salat sind gelegentlich die Blätter von *Oxalis acetosella* empfohlen worden; ihr Gehalt an oxalsaurem Kalium mahnt zur Vorsicht (vgl. *Rheum* und *Rumex*, S. 185).

Die des schmächtigen Exokarps beraubten Steinfrüchte der *Pistacia vera* (Westasien, Medit.) kommen als Pistazien, Pistazienmandeln oder Pimpernüsse in den Handel; die grünen Samen sind reich an Fett und schmek-

ken aromatisch; Gewürz für Fleischgerichte, Konfitüren u. a. Als Pimpernuß wird auch der ölreiche Samen der in Süddeutschland wildwachsenden Klappernuß (*Staphylea pinnata*) bezeichnet. — Wie *Oxalis* wird auch *Ruta* gelegentlich als Gewürzpflanze genannt.

Zucker ist im Saft, der aus angezapften Stämmen unserer *Acer*-Arten (*A. platanoides*, *A. pseudoplatanus*) rinnt, enthalten (1—3,5%); sehr viel rentabler als ihre Ausbeutung ist in Amerika die des *A. saccharinum*.

Stärke enthalten die Samen der Roßkastanie in großen Mengen; ihrer Verwertung stehen aber große Schwierigkeiten im Wege, da die sie begleitenden Bitterstoffe (Auswaschen mit H_2O, Soda) nur mit Mühe gelingt; auch enthalten die Samen reichlich Saponin. Daher nur ausnahmsweise als menschliche Nahrung benutzt; wichtig für Viehfütterung (Pferd, Schwein, Schaf, Ziege u. a.).

Öl liefert vor allem *Linum usitatissimum*. Das trocknende „*Oleum lini*“, das aus den flachen Samen (35—42 %) abgepreßt wird, eignet sich in frischem Zustand vortrefflich zu Speiseöl oder Backmittel, wird aber nur in wenigen Teilen Deutschlands (Brandenburg, Schlesien) in diesem Sinne verwendet. Vgl. „Drogen“.

Alkaloidhaltige Genußmittel. — Der Mattetee (Maté, Paranatee), der aus den Blättern von *Ilex paraguariensis* gewonnen wird, ist das Nationalgetränk („Yerba“) der Bewohner weiter Strecken Argentiniens, Paraguays, Boliviens, Chiles, Südbrasiliens. Durch die Internationale Matte-Import-Ges. (Bremen) und die deutsche Matte-Industrie (Köstritz) in Deutschland verbreitet. Teeähnliche Blätter, deren Trockensubstanz 1,19% Koffeïn („Matteïn“) enthält, liefern 2—3 brauchbare Aufgüsse; schwach rauchiger Geschmack. — Die Guaraná-Paste wird in Brasilien aus den gerösteten und zerkleinerten Samen der *Paullinia sorbilis* hergestellt; schokoladeähnlich in Aussehen und Geschmack, in der Wirkung dem Kaffee vergleichbar (4% Koffeïn).

Drogen. — Die einheimischen *Rhamnus*-Arten (s. o.) enthalten ebenso wie die amerikanische „cascara sagrada“ (*Rh. purshiana*) das abführende Emodin. Offizinell sind neben „*Cortex Rh. purshianae*“ die Rinde des Faulbaums („*C. frangulae*“) und die Früchte des Kreuzdorns „(*Fructus Rh. catharticae*“, früher „*Baccae spinae cervinae* s. *domesticae*“). Die Rinde des Faulbaums, dessen Holz früher zur Pulverfabrikation verwendet wurde, ist an der rotbraunen Farbe ihrer Innenseite und den weißen Lentizellen kenntlich; sie soll ein Jahr lagern, damit sie ihre emetische Wirkung einbüßt.

Die Rinde der Roßkastanie („*Cortex hippocastani*“) enthält ein Glykosid, Äskulin, dessen wässerige Lösung stark fluoresziert; früher als Febrifugum gebräuchlich.

Linum usitatissimum liefert der Apotheke das „*Semen lini*“ und „*Oleum lini*“. Verwendung des Samens und der nach der Ölgewinnung übrig bleibenden Preßkuchen („*Placenta seminis*“) zu Tee, Kataplasmen, Klysmen; Mittel gegen Diabetes. Leinöl und Kalkwasser liefert ein Liniment für Brandwunden. *L. catharticum*, der Purgierlein, war früher als Purgans und Diureticum gebräuchlich; Verwendung in Homöotherapie und Volksmedizin.

Einige weitere einheimische Arten spielen nur in der Volksmedizin ihre Rolle. Das Kraut von *Geranium Robertianum*, Ruprechtsstorchschnabel, u. a. *G.*-Arten dient als Adstringens, Haemostypticum, zur Herstellung von Gurgelwasser u. a. *Ruta graveolens*, deren Saft hautreizende Wirkung hat, und deren Genuß zu Abortus führen soll, wird als Emenagogum, die Tinktur

von den Homöopathen zu verschiedenen Zwecken gebraucht; das Kraut soll Mäuse von Lebensmitteln fernhalten. Die Diptamwurzel („*Radix Dictamni albi*") ist volkstümliches Antihelminticum; sog. kretischer Diptam stammt von einer Labiate (*Origanum*). Kraut und Wurzel von *Polygala amara* liefern Tee, der im Rufe eines Schwindsuchtsmittels steht. Der Frühjahrsblutungssaft von *Vitis vinifera* wird gegen Hautkrankheiten verwendet. —

Von ausländischen Familien und Gattungen werden folgende Drogen geliefert.

Die Pomeranze (*Citrus vulgaris*) liefert die Orangenblüten oder „*Flores aurantii*" (Geschmackscorrigens, Herstellung des Orangenblütenwassers), mit ihrem Fallobst die „*Fructus aurantii immaturi*" oder Orangetten (Tonicum amarum) und mit dem Perikarp die „*Cortex aurantii fructus*" oder Orangenschalen, deren äußerste gelbe Schicht („Flavedo") von ölhaltigen Sekretlücken erfüllt ist. Gehalt der Fruchtdrogen an Öl 1,25%. Die Zitrone liefert die „*Cortex citri fructus*" (Amarum, Geschmackscorrigens) und das „*Oleum citri*".

„*Folia jaborandi*" sind die früher offizinellen Fiederchen der Blätter von *Pilocarpus pennatifolius* und *P. Jaborandi* (Brasilien); Gehalt an ätherischen Ölen und Alkaloiden (Pilokarpin u. a., Myoticum, Sialagogum u. a.).

Die Blätter von *Erythroxylon coca* („*Folia cocae*") sind schmal eiförmig, 5—6 cm lang, ganzrandig, hohl und durch zwei nervenähnliche vom Stiel zur Blattspitze verlaufende Bogenlinien gekennzeichnet. Gehalt an Kokaïn und anderen Alkaloiden. Wichtiges Anaestheticum, Narcoticum, Stimulans.

„*Radix senegae*" (von *Polygala senega*, Nordamerika) hat die Gestalt schlanker, oft unregelmäßig verbogener Rübchen und enthält mehrere Glykoside und Saponine; Expectorans, Diureticum, Diaphoreticum.

Mattetee (s. o.) gilt volkstümlich als Fiebermittel, wirkt diuretisch und als nervines Tonicum.

Mehrere Holzdrogen gehören in diesen Zusammenhang: das Bitterholz oder „*Lignum quassiae jamaicense*" (von *Picrasma excelsa*, Jamaika) und das „*L. quassiae surinamense*" (von *Quassia amara*, Südamerika — diese liefert auch Bitterholzrinde, „*Cortex quassiae*") dienen als Tonica amara; Verwendung als Hopfensurrogat. Das „*L. guajaci*", ein früher überschwenglich gepriesenes Antisyphiliticum („*L. sanctum*", „*Arbor mirabilis*", „*Spes hominum*"; berühmte Kur Ulrichs v. Hutten, 1519), ist das mit Harzen (22%) erfüllte, sehr schwere (spez. Gew. 1,3) Kernholz (s. o. S. 99) von *Guajacum officinale* (Südamerika, Westindien); das Harz („*Resina guajaci*"), an frischen Bruchflächen braunrot, wird an Luft und Licht grünlich; alkoholische Lösung braun (Verwendung im physiologischen Laboratorium s. o. S. 124).

Vgl. auch den folgenden Abschnitt.

Rohstoffe, die in verschiedenen Techniken und Industrien Verwendung finden, zum Teil auch als Pharmaka dienen, sind folgende.

Die „*Myrrha*" stammt aus den Harzgängen der *Commiphora abyssinica* und *C. Schimperi* (Somaliland); Räuchermittel, Einbalsamierung (Ägypten), Antisepticum, Stomachicum, Verwendung in der Zahnheilkunde. „*Olibanum*" ist der Weihrauch; er stammt ebenfalls aus dem Somaliland von den mit jenem nahe verwandten *Boswellia*-Arten (*B. Carteri* u. *B. Bhau Dajiana*), Räuchermittel, Verwendung zu Pflastern.

Auch die Anakardiazeen sind reich mit Drüsenorganen ausgestattet. Namentlich aus Chios stammt das von *Pistacia lentiscus* gelieferte Mastix-

gummi („*Mastix levantica*"), das zu Pflastern und Verbänden, in der zahnärztlichen Praxis und zu andern technischen Zwecken verwendet wird; die ebenfalls mediterrane *P. terebinthus* liefert „zyprischen Terpentin". Mehrere Arten der Gattung *Rhus* (*Rh. vernicifera* u. a.) liefern den wertvollen, schwarzen, japanischen Lack; an *Rh. semialata* (China) entstehen nach Infektion durch eine Aphide (*Schlechtendalia chinensis*) die „*Gallae chinenses*", hohle, bis 8 cm lange, fingerförmig gelappte Gebilde, die nicht weniger als 77% Gerbstoff enthalten; Tanningewinnung, Tintenfabrikation.

Kleesalz oder saures oxalsaures Kalium (Sauerkleesalz, „*Sal acetosellae*") wurde früher aus *Oxalis* gewonnen.

Giftpflanzen. — *Rhus toxicodendron*, der Giftsumach (Ostasien, Nordamerika) wird in den Gärten gezogen, aus den es gelegentlich verwildernd sich verbreitet; kenntlich an den dreizähligen Blättern. Alle Teile der Pflanze sind giftig, besonders Samen und Blätter. Etwa 4—5 Tage nach Berührung starke, sehr schmerzhafte Hautentzündung. Manche Personen sind unempfindlich gegen das Gift (Toxikodendrol); es ist löslich in Alkohol, unlöslich in H_2O. Die Frage, ob Giftwirkung schon ohne Berührung eintreten kann, verdient Erwägung.

Ein ähnliches, stark hautreizendes Gift, Kardol, findet sich in zwei andern Anakardiazeen; *Anacardium occidentale* enthält das „*Cardolum vesicans*", *Semecarpus anacardium* das „*C. pruriens*". Die Früchte beider Arten kommen als westindische („*Anacardia occidentalia*"), bzw. ostindische Elefantenläuse („*A. orientalia*") in den Handel. Die ersteren entwickeln sich auf mächtig verdickten, saftigen, als Obst genießbaren Fruchtstielen. Ob das in den Früchten enthaltene Acajouöl dann, wenn Vanilleschoten mit ihm bestrichen worden sind, zu Erkrankungen (Vanilleis-Vergiftungen) führen kann, ist fraglich.

5. Tricoccae.

Dikline, nach der Dreizahl gebaute Blüten; G 3. Die reife Frucht zerfällt in 3 rundliche, von einer Mittelsäule sich ablösende Teilfrüchtchen, die je einen Samen enthalten.

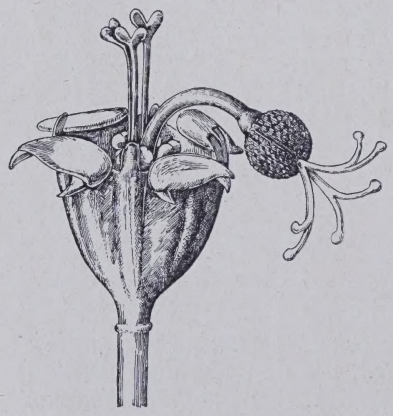


Fig. 233. Cyathium einer Wolfsmilch (*Euphorbia*): in der Mitte ragen mehrere Staubgefäße in die Höhe; rechts überhängend von langem Achsenstück gehalten der mit drei gespaltenen Narben ausgestattete Stempel.

Euphorbiaceae (Wolfsmilchgewächse). — In der einheimischen Flora durch zahlreiche krautartige Formen, in den Tropen durch Holzpflanzen und blattlose Sukkulenten vertreten. Ungegliederte Milchröhren. Viele giftige Arten. — *Euphorbia*, Wolfsmilch; nackte Blüten zu eigenartigen Blütenständen, Zyathien (Fig. 233), vereinigt; in ihrer Mitte eine langgestielte weibliche Blüte (G 3), die von zahlreichen, höchst einfachen männlichen Blüten (A 1) umgeben wird. Das Cyathium von 5 unscheinbaren Hüllblättern und 4—5 rundlichen oder halbmondförmigen Drüsen umgeben. Den Blütenständen gehen bei manchen Arten (Fig. 37) leuchtend gefärbte Hochblätter voraus. *Eu. cyparissias*, Zypressenwolfsmilch, mit linealischen Blättern (Fig. 163); *Eu.*

helioscopia, Sonnenwolfsmilch, schirmartig verzweigtes Sproßsystem (Fig. 234), rundliche Blätter; weit verbreitetes Ackerunkraut. — *Mercurialis perennis* und *M. annua*, Bingelkraut, einheimische Unkräuter, G 2 (Fig. 235). — *Ricinus communis* (trop. Afrika), Strauch mit sympodialer Verzweigung: der Gipfel des Haupttriebes wird zu einer Infloreszenz, die oben weibliche, unten männliche Blüten trägt (Fig. 236), letztere mit

Fig. 234. Sonnen-Wolfsmilch (*Euphorbia helioscopia*).

bäumchenartig verzweigten Staubblättern. Dreifächerige, stachelige Frucht mit drei bunt gescheckten, fett- und eiweißreichen Samen. — *Hevea* und *Manihot*, tropische Nutzpflanzen.

Ihnen nahestehend: *Buxus sempervirens*, Buchsbaum, immergrün, mit derben, ganzrandigen, eiförmigen Blättern. Viel angepflanzt, in West- und Süddeutschland urwüchsig.

Lebensmittelgewerbe. — *Manihot utilissima*, der Maniok (Brasilien), uralte Kulturpflanze, die ihrer umfangreichen Wurzelknollen wegen überall

Fig. 235. Bingelkraut (*Mercurialis annua*).

in den Tropen gebaut wird. In frischem Zustand enthalten sie — wie der Milchsaft der ganzen Pflanze — ein blausäureentwickelndes Gift. Die aus

jenen gewonnene Stärke kommt als brasilianisches Arrow-root (= „Pfeilwurz"), Tapioka, Kassawamehl, auch in Sagoform in den Handel. Über die Stärkekörner s. S. 67.

Mercurialis annua wird als Gemüse empfohlen; trotz dem Gehalt an

Fig. 236. Ricinus (*R. communis*): links blühende Sproßspitze, rechts Blütenstand. Mit Benutzung einer Figur von Berg-Schmidt.

Saponinen (s. S. 197) scheint sein Genuß für den Menschen gefahrlos zu sein. Trockenes Kraut färbt sich blau (Indigo?).

Drogen. — Ausländische Euphorbiazeen liefern viele wichtige Pharmaka.

Ricinus communis wird durch das in den Samen reichlich (50—60%) enthaltene, durch Pressung gewonnene „*Oleum Ricini*" (Kastoröl, „*Ol. Palmae Christi*") wertvoll: wichtiges Laxans; wirksamer Bestandteil die

Rizinolsäure, die im Darm frei wird. Über Rizin s. u. — *Croton Tiglium* (Zeylon, Sunda-Inseln), ein bis 6 m hoher Strauch oder Baum, wird der Samen wegen („*Semen Tiglii*") im tropischen Asien kultiviert; diese dem *Ricinus*samen ähnlich, aber nicht glänzend, sondern matt und „bestäubt", enthalten 30—40% Öl („*Ol. crotonis*", „*Ol. tiglii*", drastisches Abführmittel) und das sehr giftige Toxalbumin Krotin. Beim Arbeiten mit Krotonöl ist Berührung mit der Hand und sein Dunst zu meiden; stark reizende Wirkung auf Haut und Schleimhaut („Malefiz-Öl", Kneipp's „Ausscheidungsöl"); *Cr. eluteria* (Bahama-Inseln) liefert die dünne „*Cortex cascarillae*" (cascara span. = Rinde), Amarum, Tonicum. — *Mallotus philippinensis*, kleiner Baum des tropischen Asiens, dessen Früchte mit roten Drüsen- und Büschelhaaren bedeckt sind, die als „*Kamala*"-Pulver abgeschüttelt und geerntet werden; der wirksame Stoff ein Phlorogluzinderivat; Anthelminticum. — *Euphorbia resinifera*, bis 2 m hoher, kaktusähnlicher Strauch; die kantigen Sprosse werden abgeschnitten, der austretende Milchsaft wird nach dem Erhärten abgenommen („*Euphorbium*"); stark hautreizende Wirkung, Bestandteil des „*Emplastrum cantharidum perpetuum*".

Einheimische *Eu.*-Arten früher als Abführmittel gebräuchlich (*Eu. cyparissias*, „Bauernrhabarber" u. a.); s. auch unter Giftpflanzen.

Die Blätter von *Buxus sempervirens* früher als Ersatz für Guajakholz empfohlen, das in ihnen enthaltene alkaloidähnliche Buxin als Ersatz für Chinin.

Rohstoffe. — Kautschuk liefert der Milchröhreninhalt von *Manihot Glaziovii* (Brasilien, „Ceara-Kautschuk") und namentlich der *Hevea*-Arten (*H. Sieberi*, Amazonas u. a., „Para-Kautschuk"). Über den Kautschukgehalt einheimischer Euphorbiazeen s. o. S. 199.

Giftpflanzen. — Die Samen des *Ricinus* enthalten — ähnlich wie die Samen des *Croton* — ein stark wirkendes Toxalbumin, Rizin. Das Öl ist frei von diesem, vielmehr bleibt das Gift in den Preßkuchen zurück. 5—6 Samen von *Ricinus* sind für Kinder tödlich. Entgiftete Preßkuchen liefern das eiweißreiche „Palma"-Futter. — Die einheimischen Wolfsmilcharten sind weniger Heil- als Giftpflanzen; schon wenige Samen der *Euphorbia lathyris* (sog. Purgierkörner) führen zu schwerer Gastroenteritis; *E. esula* wird durch ihre hautreizende Wirkung besonders den Augen gefährlich. Der Saft der *E. cyparissias* wirkt ähnlich; er war früher als Ätzmittel („*Scammonium europaeum*") im Gebrauch. — Vom Manzanillabaum (*Hippomane manzanilla*) heißt es, wie von anderen Giftbäumen (s. o. S. 330), daß schon der Schlaf unter seiner Krone gefährlich sei.

6. Calyciflorae.

Pflanzen mit unter- oder mittelständigem Fruchtknoten; die Blütenhülle besteht aus Kelch und Krone, A 5 — ∞, G 2 oder mehr, synkarp.

Einheimische Familien:

Umbelliferae (Doldenblütler). — Krautige, hohlstengelige Gewächse, deren wechselständige Blätter große Scheiden (Fig. 47) und meist reich gegliederte Spreiten besitzen (Fig. 237, 242, 243). Blüten meist in zusammengesetzten Dolden (Fig. 64 f.), an deren Grund oft eine „Hülle", d. h. eine Gruppe linealischer, selten fiederteiliger (Fig. 244) Deckblätter entwickelt ist; die an der Basis der Teildolden auftretende Deckblattgruppe wird als „Hüllchen" bezeichnet. K 5, C 5, A 5, G 2. (Fig. 238.) Kelch unscheinbar; Krone meist

weiß, seltener gelb; unterständige Fruchtknoten. Über der Insertionsstelle der Staubblätter ein polsterähnliches Nektarium. Spaltfrucht, die in zwei Teilfrüchte zerfällt; diese bleiben eine Zeitlang noch durch den gabelig ver-

Fig. 237. Umbelliferenblatt, dreifach gefiedert (*Conium maculatum.*)

zweigten Karpophor (Fig. 239 a), eine Verlängerung des Blütenstiels, miteinander verbunden. Jede Spaltfrucht mit 5 Längsrippen (Fig. 239 b); zwischen diesen und an der Spaltfläche Ölgänge. Solche auch in den vegetativen Teilen der Pflanze mehr oder minder reichlich. — Die Ähnlichkeit, die viele

Umbelliferengattungen miteinander verbindet, nötigt zu aufmerksamer Prüfung. Gute Unterscheidungsmerkmale geben namentlich Blätter und Früchte ab. *Aegopodium podagraria*, Giersch (Ziegenfuß, Geißfuß, Gäsel) mit doppelt dreizähligen Blättern (Fig. 240). — *Heracleum sphondylium*, Bärenklau (Herkuleskraut, Heilkraut), stämmige, mit umfangreichen, einfach gefiederten Blättern (Fig. 241) ausgestattete Pflanze. Auch *Apium gravoeolens*, Sellerie, und *Pimpinella*, Bibernell und Anis, haben einfach gefiederte Blätter. Die meisten andern Gattungen haben doppelt und dreifach gefiederte: *Conium maculatum*, der gefleckte Schierling, ein stattliches, bis 2 m hohes Kraut, hat die ihn kennzeichnenden roten Flecke der Achse mit einigen andern Umbelliferen gemeinsam (*Chaerophyllum temulum*, berauschender Kälberkropf), wird aber an seiner Größe und den dreifach gefiederten Blättern (Fig. 237), dem Mäusegeruch der welkenden Spreiten und den knotigen Längsrippen seiner rundlichen Früchte (Fig. 239b) leicht erkannt. — *Carum carvi*, Kümmel, wird an den nebenblattähnlichen Zipfeln am Grund der Blattscheide erkannt (Fig. 242). — *Petroselinum sativum*, Petersilie, mit dreifach gefiederten, knorpelig gezähnten, oberseits glänzenden Blättern, die bei der gern kultivierten „krausen P." (Moospetersilie) gekräuselt sind und dadurch eine Verwechslung mit der Hundspetersilie ausschließen. — *Aethusa cynapium*, Hundspetersilie (Gartengleiße), ein auf Feldern und in Gärten weit verbreitetes giftiges Unkraut, dessen Blätter unterseits glänzend sind und beim Reiben einen häßlichen Knoblauchgeruch geben; ferner gut gekennzeichnet durch die einseitwendigen Hüllchen, die erheblich länger als die Teildolden sind (Fig. 243). — *Foeniculum capillaceum*, Fenchel, mit sehr schmalen, pfriemlich verlängerten Blattzipfeln. — Weitere wichtige Merkmale liefern für viele Gattungen die Blüten und Blütenstände. Die Dolden der *Sanicula europaea*, Sanikel, einer im Laubwaldschatten häufigen Pflanze, sind durch die kopfige Form der Döldchen gekennzeichnet. — *Daucus carota*, Mohrrübe, mit fiederteiligen Hüllblättern (Fig. 244); bei der wildwachsenden, mit zäher Wurzel ausgestatteten Form ist das mittelste Döldchen der Blütenstände verkümmert und dunkelpurpurn gefärbt („Mohrenblüte"); nach dem Blühen schließt sich die Infloreszenz zu vogelnestähnlicher Form zusammen. — Gelb oder grünlich blühende Umbelliferen sind z. B. *Foeniculum* (s. o.), *Anethum graveolens*, Dill, *Pastinaca sativa*, Pastinak, *Petroselinum* (s. o.), *Archangelica* und

Fig. 238. Umbelliferae.

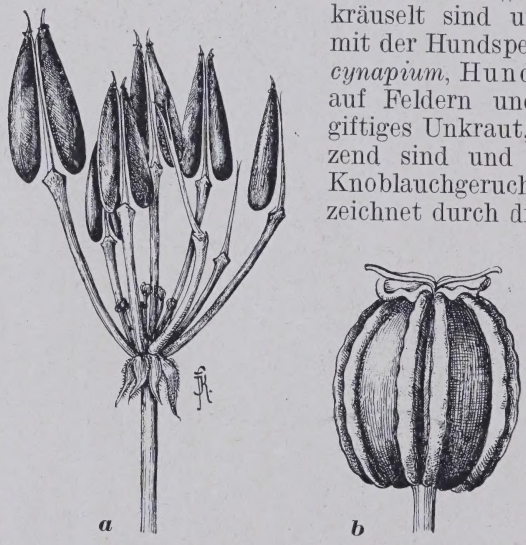


Fig. 239. Umbelliferenfrüchte: *a* Kerbel (*Anthriscus silvestris*); reife Früchte mit Karpophor; *b* gefleckter Schierling (*Conium maculatum*).

Levisticum, Liebstöckel. — Sehr charakteristische Früchte hat *Daucus*: bestachelte Rippen; *Pimpinella anisum*, Anis, hat rundliche, rippenlose, *Foeniculum* u. a. plattenartig verbreiterte Früchte. Bei *Coriandrum sativum*,

Fig. 240. Giersch (*Aegopodium podagraria*); junger Sproß mit doppelt dreizähligen Blättern.

Koriander, bleiben die beiden Fruchthälften auch bei der Reife zu einem kugligen Gebilde vereinigt. *Anthriscus silvestris*, Kerbel (Fig. 47) und *A. cerefolium*, Gartenkerbel (Rußland, trop. Asien) haben geschnäbelte, d. h. oben spitz ausgezogene Früchte (Fig. 239 a). — Die unterirdischen Organe fallen bei *Daucus*, *Petroselinum* u. a. durch Rübenform, bei *Apium graveolens* durch Knollenform auf. Ein durch weitlumige Kammerung aus-

gezeichnetes Rhizom hat *Cicuta virosa*, der giftige Wasserschierling (Wüterich). —

Ihnen nahestehend: *Hedera helix*, Efeu, immergrüne, an Baumstämmen und Mauern mit Haftwurzeln kletternde Holzpflanze; unscheinbare Blüten in Dolden; blauschwarze Beeren. — *Cornus mas*, Kornelkirsche (Hart-

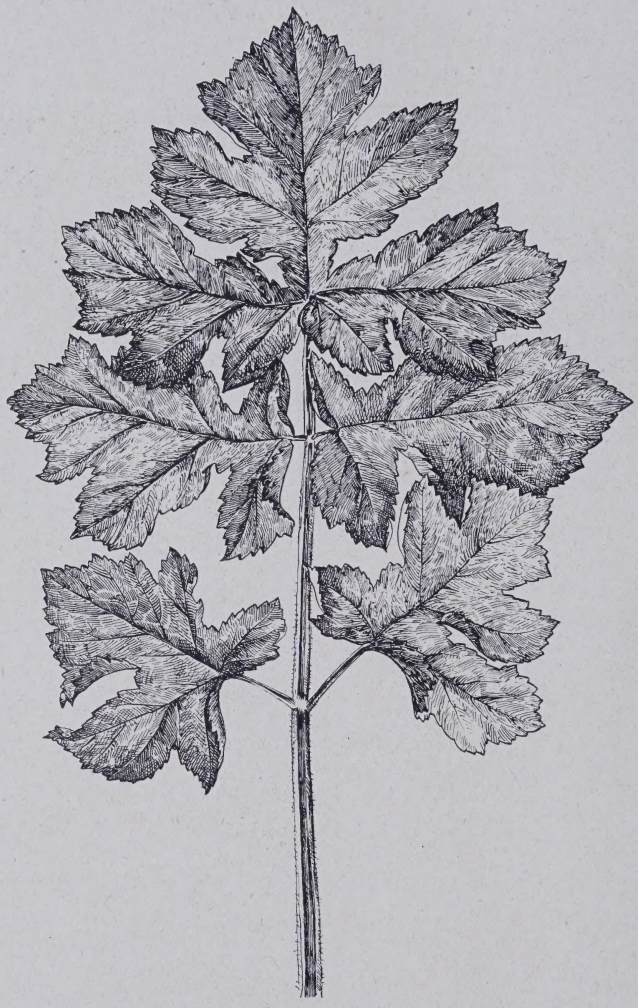


Fig. 241. Bärenklau (*Heracleum sphondylium*).

riegel), Strauch oder Baum mit kleinen, gelben, schon im Vorfrühling sich entfaltenden Blütendolden; rote Steinfrüchte.

Saxifragaceae (Steinbrechgewächse). — Kräuter und Sträucher mit wechselständigen Blättern und oft unterständigem Fruchtknoten. Kelch deutlich entwickelt; K 5, C 5, A 5 + 5, G 2 — 5. — *Ribes grossularia*, Stachelbeere, und *R. rubrum*, Johannisbeere; G 2; samenreiche Beeren (Fig. 245). Erstere mit bestachelten Zweigen.

Rosaceae (Rosengewächse). — Kräuter oder Holzpflanzen, Nebenblätter vorhanden, Blüten epigyn oder perigyn. K 5, C 5, A 5 — ∞, G oft ∞,

Fig. 242. Kümmel (*Carum carvi*).

seltener 1 oder 5. (Fig. 246.) Viele dornige (*Crataegus*, *Prunus spinosa* usw.) oder stachelige (*Rubus*, *Rosa* u. a.) Formen. — *Pirus*, unterständiger Fruchtknoten (Fig. 60 e), fleischige Frucht, G 5; *P. malus*, Apfel, Krone rötlich, Staubbeutel gelb, Griffel bis zur Mitte verwachsen, pergamentartiges Kern-

gehäuse mit 5 zweisamigen Fächern. — *P. communis*, Birne, reinweiße Krone, Staubbeutel rot, Griffel frei. — *Cydonia vulgaris*, Quitte (Südeuropa, Vorderasien), wohlriechende Früchte, Blätter unterseits filzig behaart. — *Sorbus aucuparia*, Vogelbeere (Eberesche), unpaarig gefiederte Blätter, trugdoldige Blütenstände, kleine, kuglige, leuchtend rote Früchte; *S. domestica*, Speierling (Spierapfel, Sperberbaum), seltener als jene; große, birnenähnlich gestaltete Früchtchen, gefiederte Blätter; *S. torminalis*, Elsbeere, fiederspaltige Blätter, braune,

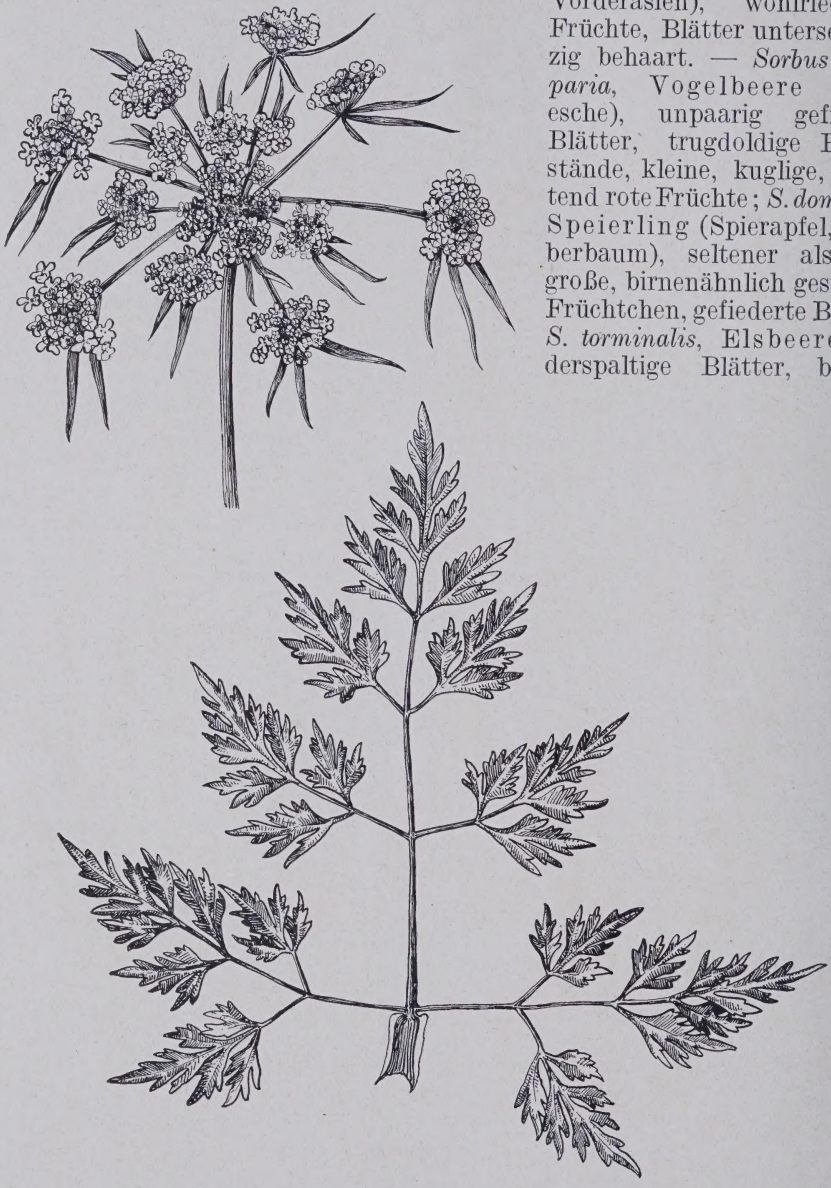


Fig. 243. Hundspetersilie (*Aethusa cynapium*).

hell punktierte Früchte; *S. aria*, Weißbaum (Mehlbeere), Blätter ungeteilt, unterseits weißfilzig behaart; Früchte rot. — *Mespilus germanica*, Mispel (Vorderasien), braune, birnenähnliche kleine Frucht, in der jedes Fruchtblatt einen Steinkern entwickelt. — *Crataegus oxyacantha* und *C. monogyna*,

Weißdorn, als Ziersträucher beliebt; Früchte ähnlich wie bei Mispel, aber kleiner. — *Prunus*, G 1, auf krugartig vertieftem Blütenboden (Fig. 60c), Steinfrucht mit meist saftigem Exokarp; *Pr. cerasus*, Sauerkirsche (Weichsel, Glaskirsche, Morelle), Blätter kahl, Stiele meist ohne Drüsen;

Fig. 244. Mohrrübe (*Daucus carota*).

Pr. avium, Süßkirsche (Herz-, Mai-, Knorpelkirsche), Blätter unterseits behaart, Blattstiele mit 1—2 Drüsen; *Pr. domestica*, Pflaume (Zwetsche, vielleicht aus Vorderasien), und die ihr ähnliche *Pr. insititia*, Kriechenpflaume (Südeuropa) — letztere dornig, Steinkerne rundlich; *Pr. persica*, Pfirsich (China), rosenrote Blüten, Steinkerne unregelmäßig gefurcht. Frucht wie bei der folgenden sitzend, weich behaart, auf einer Seite

meridional gefurcht; *Pr. armeniaca*, Aprikose (Asien), Krone weiß, Steinkern glatt; *Pr. padus*, Traubenkirsche (Traubenahle), in Laubwäldern häufig, kleine schwarze Früchte in Trauben; *Pr. spinosa*, Schlehe, dornige, heckenbildende Sträucher; *Pr. laurocerasus*, Kirschlorbeer (Balkan, Kleinasien); *Pr. amygdalus*, Mandel (Südeuropa, Orient), von allen früher genannten *Pr.*-Arten durch das zähe Exokarp unterschieden, das sich von dem spröden Endokarp zur Zeit der Reife trennt; wird in zahlreichen Varietäten, süßen und bitteren, kultiviert; Anbau der süßen in Frankreich, Italien, Spanien; reifen in Deutschland nur an der Bergstraße, in der Rheinpfalz, Stuttgart; die besten bitteren M. liefern Sizilien und Provence. — *Rubus*, stachelige Sträucher mit apokarpem Gynaeceum auf gewölbtem Blütenboden (Fig. 60b); K 5, C 5, A ∞, G ∞; jedes Fruchtblatt wird zu einem Steinfrüchtchen mit saftigem Exokarp; *R. idaeus*, Himbeere, mit roten Früchten; *R.*-Arten mit schwarzen Früchten werden als Brombeeren bezeichnet (*R. caesius* u. a.). — *Fragaria*, Erdbeere, Blütenboden ähnlich wie bei vorigen, wird aber zur Zeit der Reife fleischig;

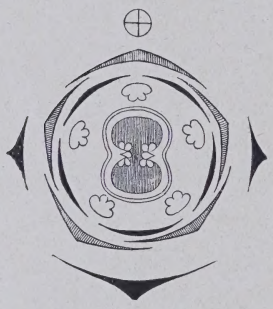
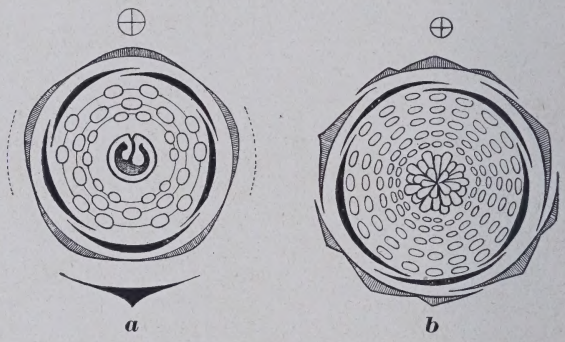


Fig. 245. Saxifragaceae (*Ribes*). Nach Eichler.



a *b*

Fig. 246. Rosaceae: *a Prunus, b Rosa*; nach Eichler.

aus den apokarpen Fruchtblättern werden hartschalige Nüßchen; *Fr. vesca* und andere einheimische, kleinfrüchtige Arten. Die „Ananaserdbeeren" stammen von den amerikanischen *Fr. virginiana* und *Fr. chiloensis* und deren Bastardierungen. — Im Blütenbau ihr ähnlich die einheimischen *Potentilla*, Fingerkraut, *Geum*, Nelkenwurz u. a. — *Rosa*, Rose, stachelige Sträucher mit gefiederten Blättern (Fig. 39d), krugförmig ausgehöhltem Blütenboden mit apokarpem Gynaeceum (Fig. 60d); der Blütenboden wird zur Zeit der Reife rot und fleischig (Hagebutte) und enthält zahlreiche Nüßchen. *R. canina* u. a. einheimische Arten; in den Gärten vorzugsweise gefüllte Formen (Fig. 169), die von *R. centifolia* (Zentifolie) oder *R. indica* (*R. fragrans*, Theerose) sich ableiten. — Ähnlichen Bau des Blütenbodens und des Gynaeceum hat *Hagenia abyssinica*.

Thymelaeaceae. — Holzpflanzen mit einfachen Blättern; Blüten vierzählig, Perigon blumenkronartig gefärbt. — *Daphne mezereum*, Seidelbast, mit roten, stark duftenden Blüten, die sich noch vor der Belaubung erschließen (Fig. 247); rote Beeren.

Ihnen nahestehend: *Hippophaë rhamnoides*, Sanddorn, silbergraues Laub, gelbrote Beeren.

Fig. 247. Seidelbast (*Daphne mezereum*): in blühendem und fruchttragendem Zustand. Mit Benutzung einer Abbildung von Berg-Schmidt. — Giftig.

Ausländische Familien:

Myrtaceae. — Immergrüne Holzpflanzen der Tropen und Subtropen; vierzählige Blüten, A ∞, G 2, unterständig (Fig. 248). Reicher Gehalt an ätherischen Ölen, die in Sekretlücken liegen (Fig. 107). — *Myrtus communis*, Myrte, *Eucalyptus*, der australische Gummibaum, *Eugenia caryophyllata*, Gewürznelke, mit stielähnlich gestrecktem, unterständigem Fruchtknoten, rotem Kelch, hinfälliger Krone (Molukken, Philippinen).

Ihnen nahestehend: *Punica granatum*, Granatapfel (Vorderasien), mit rotem Kelch und samenreicher, apfelähnlich geformter Frucht. — *Bertholletia excelsa*, Paranuß (Südamerika). —

Einige kleine Familien, welchen die richtige Stellung im System anzuweisen Schwierigkeiten macht, bilden die als

Hysterophyta — zusammengefaßten Gewächse; einfache oder doppelte, nicht in K und C gegliederte Blütenhülle, unterständiger Fruchtknoten, Parasiten: *Viscum album*, Mistel, bildet kugelähnliche, immergrüne Sträucher auf ihren Wirten; *Santalum album*, weißes Santelholz, aus Ostindien. Autotrophe einheimische Pflanzen: *Asarum europaeum*, Hasenniere (Haselwurz) mit nierenförmigen Blättern (Fig. 38c), rotbraunem, glockigem, unscheinbarem Perianth. — *Aristolochia*, Osterluzei (Pfeifenstrauch); beide mit dreizähligen Blüten.

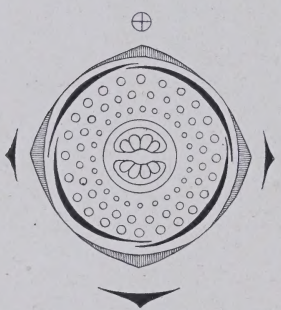


Fig. 248. Myrtaceae (*Myrtus*); nach Eichler.

Lebensmittelgewerbe. — Zu den Kalyzifloren gehören sehr zahlreiche obstliefernde (Rosaceae u. a.) und als Gemüse verwertbare Gewächse (Umbelliferae) von größter Bedeutung.

Als Kernobst werden Äpfel, Birnen und Quitten bezeichnet. Die für Deutschland volkswirtschaftlich wichtigste Obstform ist der Apfel (*Pirus malus*); in Mitteleuropa in mehr als 600 Varietäten angebaut: kuglige oder schwach gestreckte Früchte, die vor Ende September (Sommeräpfel), bis Mitte November (Herbstäpfel) oder erst nach mehrmonatlichem Lagern im Dezember oder noch später reifen (Winteräpfel). Zuckergehalt schwankt bei guten Sorten zwischen 7 (Borsdorfer) und 11 % (Gravensteiner), Pektingehalt 4—8%, Wasser 81—87%, Apfelsäure bis 0,7%. Gute Apfelsorten enthalten nur 2—4% Rohfaser; Asche bis 1% der Trockensubstanz. Die chemische Zusammensetzung der Frucht schwankt je nach dem Reifegrad und der Lagerungsdauer; der reiche Stärkegehalt unreifer Äpfel schwindet nach mehrwöchentlichem Lagern; Säure und Rohfaser nehmen ebenfalls beim Lagern ab. Glukose wird in Fruktose umgewandelt. Verwendung als rohes Obst, Kompott, Backobst, Verarbeitung zu Apfelkraut (eingedickter Saft), Äpfelwein, Apfelessig usw. Die Schalen edler Sorten liefern nach dem Trocknen guten Tee, die Kerne fettes Öl (24—27%). Als Paradiesapfel werden kleinfrüchtige in den Gärten gern gezogene, sehr fruchtbare Formen bezeichnet, deren Fleisch reich an Pektinstoffen ist (Apfelgelee): *Pirus paradisiaca*, *P. baccata*, *P. prunifolia*, *P. coronaria* u. a. — Birnen werden in mehr als 700 Arten gezogen; sie sind zuckerreicher (8—10%) als die Äpfel, aber auch reicher an Rohfaser (4—9%). Diese hat vornehmlich in den kleinen Steinzellgruppen ihren Sitz, die bei geringen Arten besonders dicht in der Mitte der Frucht und unmittelbar unter der Schale liegen und die Bekömmlichkeit des Obstes und seine Verdaulichkeit beeinträchtigen können; Pektinverbindungen sind in Birnen weniger reichlich als in Äpfeln, durchschnittlich 4%. Je nach der Reifezeit unterscheidet man Sommer-, Herbst- und Winterbirnen (s. o.). Die Haltbarkeit der Birnen ist geringer als die der Äpfel. Verwendung als Wirtschafts- und Tafelobst; Birnenkraut, Obstwein; zur Herstellung von Dörrobst eignen sich besonders die relativ saftarmen Kochbirnen, „Hutzeln" sind die als ganze, halbierte oder geviertelte Frucht gedörrten Birnen. Sülzbirnen werden hergestellt, wo reiche Birnenernten billig konserviert werden sollen (Überschichtung der in Fässer gefüllten Birnen mit Wasser, Zusatz von Gewürzen); die Samen können auf Fett verarbeitet werden (12—21%). Die

wildwachsende Holzbirne hat sehr steinige Früchte; Verarbeitung zu Birnkraut. — Die Quitte, eine Obstform von untergeordneter Bedeutung; die apfel- (Apfelquitte) oder birnenähnlichen (Birnenquitte) Früchte lassen sich zu Mus verarbeiten oder werden in der Konfiserie verwertet. Die in den Gärten gezogene rotblühende japanische Quitte (*Cydonia japonica*) liefert harte, bittere Früchte, die nach längerem Lagern und nach Verfärbung zur Musfabrikation tauglich werden.

Steinobst heißen alle mit Steinfrüchten ausgestatteten Obstformen, deren Exokarp saftig und genießbar ist (Kirsche, Pflaume, Aprikose, Pfirsich).

Die Kirschen gehören mit den Weinbeeren zu den zuckerreichsten Obstformen (8—13%); an Pektinstoffen (1,7%) bleiben sie hinter dem Kernobst zurück; an Zellulose werden sie durch die Steinkerne reich, die freilich die menschliche Nahrung nicht beschweren. Verwendung als rohes und gedörrtes Obst, Herstellung von Kirschbranntwein (Kirschwasser) und Kirschwein; *Prunus marasca* liefert den Maraschino. — Die Pflaumen enthalten 3—6% Zucker, am meisten die als Zwetschen bezeichneten Formen. Backpflaumen liefern namentlich die Länder der unteren Donau; Prünellen oder Katharinenpflaumen sind ein französisches Dörrprodukt. Getrocknete Pflaumen liefern den Sliwowitz-Branntwein. — Pfirsich und Aprikose sind chemisch einander ähnlich: 4—5% Zucker, 5,5—6% Pektinstoffe. — Von den bei uns wildwachsenden *Prunus*-Arten liefert die Schlehe sehr saure, aber nach Einwirkung des Frostes genießbare Früchte; Dörrobst, Schlehengeist.

Die Hagebutten können nach Beseitigung der zahlreichen Früchtchen zu Marmelade, Dörrobst, auch Obstwein verarbeitet werden. Namentlich *Rosa rugosa*, die großfrüchtige „Runzelrose" (Ostasien) ist hierzu tauglich.

Von den Vogelbeeren werden verschiedene Varietäten bei uns angebaut, vorzüglich als Chausseebaum. Die kleinfrüchtigen liefern ein trotz beträchtlichem Zuckergehalt (5%) durch Gerbstoff- und reichen Apfelsäuregehalt schlecht schmeckendes Obst; die „mährische Eberesche" ist eine süße Varietät mit schmackhaften Früchten. Der seltene Speierling liefert mit den teigigen Früchten Material zu Marmelade- und Mostgewinnung; ähnlich die der Elsbeere und des Weißbaums. Die des Weißdorns (ebenfalls Mehlbeeren oder Mehltöpfchen genannt) sind reich an Zucker und wohlschmeckend; Musgewinnung, Herstellung von Früchtebrot.

Als Erdbeeren werden die fleischigen, zuckerreichen (6%) Blütenböden vieler *Fragaria*-Arten genossen; die zahlreichen Nüßchen sind von jenen nicht zu trennen und machen die Erdbeeren zu einem relativ zellulosereichen Gericht. Auch mit den Himbeeren und Brombeeren werden zahlreiche unverdauliche Körnchen genossen, die den Rohfasergehalt dieser Obstform noch weit über das der Birne steigen lassen (14%); Zucker 3—5% (s. o. S. 187).

Die Stachelbeere wird in roten, grünen, gelben und weißen Arten gezogen, als Obst genossen, zu Obstwein verarbeitet. Bei den deutschen Arten mehr Zucker (ca. 7%) als bei den englischen. Die Samen werden mit dem Fruchtfleisch verzehrt (ca. 4% Rohfaser). Die rote Johannisbeere (Obst und Obstwein) hat 5% Rohfaser und 6—7% Zucker.

Nur untergeordnete Bedeutung als Obstbäume haben die Kornelkirschen, deren feste, leuchtend rote, glänzende Steinfrüchte von älteren Exemplaren reichlich abgeschüttet werden. Die goldgelben Beeren des Sanddorns sind sauer, gleichwohl aber als Kompott brauchbar.

Zum sog. Schalenobst gehören mit den Wal- und Haselnüssen vor allem die Mandeln. Genießbar sind die fett- (55%) und zuckerreichen (6%) Samen der süßen Varietäten (Krach-, Knackmandeln des Desserts, der Kuchenbäckerei usw.). Über die bitteren M. s. u. — Die Paranuß ist wohl der ölreichste aller genießbaren Samen (71%).

Gemüse. — Große praktische Bedeutung haben namentlich einige Wurzelgemüse. Die Mohrrüben (Möhren, Futtermöhren, Karotten), in gelben oder hellziegelroten Varietäten gezogen, liefern ein beliebtes, zuckerreiches (2%) Gericht. Genuß von Möhren kann (zumal bei Kindern) starke Gelbfärbung der Haut hervorrufen (Karottenxanthose): das in der Haut gefundene Pigment ist spektralanalytisch dem Farbstoff der Möhren (Karotin, s. o. S. 207) sehr ähnlich. Die Wurzeln der wilden Möhre, die sich wohl durch Verwilderung von der angebauten ableiten, sind ungenießbar. — Die angebauten Formen des Sellerie haben eine knollenähnlich verdickte, aromatisch schmeckende Wurzel (0,8% Zucker), die mit Unrecht für ein Aphrodisiacum gilt. Die Wurzel des wilden S. soll giftig sein. Auch den Wurzeln anderer wildwachsender Umbelliferen gegenüber scheint Vorsicht am Platze zu sein: die Wurzel des Kerbels soll ohne Abkochung üble Wirkungen haben; Pastinakwurzeln sollen nur im ersten Jahre ungiftig sein. Die Kerbelrübe (*Chaerophyllum bulbosum*), die an Flußufern oft reichlich angetroffen wird, liefert fleischige Rübchen und wird auch angebaut; eßbar im ersten Jahre, auch roh. Als Erdeichel oder Erdkastanie werden die nußgroßen Knollen bezeichnet, die an der Basis des Stengels von *Carum bulbocastanum* (West- und Süddeutschland) entstehen; Gemüse oder Salat, reich an Stärke, im Geschmack den Maronen ähnlich.

Gewürze. — Keine einheimische Familie liefert mehr Gewürze als die Umbelliferen: Verwendung finden die Blätter (Petersilie, Gartenkerbel, auch Mohrrübe) und namentlich die Früchte (Kümmel, Fenchel, Anis, Koriander, ferner Dill mit blattartig flachen Früchten und der mediterrane Mutterkümmel, *Cuminum cyminum*). In allen Fällen liegen die Geschmacksstoffe in den Sekretgängen. Likörfabrikation: Kümmel, Anisette u. a.

Von ausländischen Gewürzen sind die „*Caryophylli*" oder Gewürznelken (Gewürznäglein), die getrockneten Blütenknospen der *Eugenia caryophyllata*, das geschätzteste. Die Wandung der stielähnlichen, unterständigen Fruchtknoten (Fig. 107) und die Kelchblätter reich an Sekretlücken. Mutternelken oder „*Anthophylli*" heißen die einsamigen, harten, spindelartigen Früchte derselben Pflanze, Nelkenstiele die Achsenstücke ihrer Infloreszenz; beide als Gewürz minderwertig. — Nelkenpfeffer (Piment, Englisch-Gewürz, Neugewürz, Jamaicapfeffer) stammt von *Pimenta officinalis* (Westindien, Mittelamerika); in den Handel kommen die Früchte dieser Myrtazee, die unreif abgenommen und getrocknet werden; Perikarp reich an Sekretlücken.

Tee. — Abkochungen getrockneter Erdbeer- und Brombeerblätter werden zu den besten einheimischen, alkaloidfreien, aber schmackhaften Teearten gerechnet. — Über den aus Hagebuttenkernen hergestellten Tee s. u.

Drogen. — Von einheimischen Produkten kommen die Früchte einiger Umbelliferen, „*Fructus carvi*" (von *Carum carvi*), „*Fr. anisi*" (von *Pimpinella anisum*), „*Fr. foeniculi*" (von *Foeniculum capillaceum*) in Betracht (Aromatica, Carminativa, Expectorantia); Fencheltee in der Pädiatrie usw., Hufelands Kinderpulver („*Pulvis magnesiae cum rheo*") enthält auch Fenchel. Anis liefert das Expectorans „*Liquor ammonii anisati*", Anisöl ist in der „*Tinct. opii benzoica*" enthalten.

Von Umbelliferenwurzeln sind die Liebstöckelwurzel („*Radix levistici*" von *L. officinale*), die Engelswurzel („*Rad. angelicae*" von *A. officinalis*) und die Bibernellwurzel („*Rad. pimpinellae*" von *P. magna* und *P. saxifraga*) offizinell: Diuretica, Nervina, Aromatica usw. Wie diese spielen auch

andere Umbelliferen, z. B. Petersilie („*Aqua petroselini*“ als Diureticum), Sellerie, Meisterwurz (*Imperatoria ostruthium*), Dill, Kerbel, Bärenklau, Bärwurz (*Meum athamanticum*), Sanikel usw., in der Volksmedizin eine Rolle. *Aegopodium podagraria* hat seinen Namen nach den Leiden, die es angeblich zu heilen vermag. Hundspetersilie wird im homöopathischen Arzneischatz genannt, ebenso der gefleckte Schierling und der Wasserschierling.

Die Rosazeen liefern vornehmlich dem volkstümlichen Drogenschatz viele Beiträge. Quittenkerne („*Semen cydoniae*“) sind sehr schleimreich (Mucilaginosum); Rosenblüten (*Rosa canina*, *R. centifolia*) liefern volkstümliche Mittel, die harten Schließfrüchtchen (Hagebuttenkerne, „*Semen cynosbati*“) einen guten Tee (Adstringens, Diureticum), der namentlich in Süddeutschland als Familiengetränk (Kernelestee) mit Recht geschätzt wird. „*Fungus cynosbati*“ ist kein Pilz, sondern eine an den Zweigen wilder Rosen stellenweise reichlich auftretende, von *Rhodites rosae* (Zynipide, vgl. V. Kapitel, S. 337) erzeugte Galle, die einem aus roten und grünen Moos geflochtenen, lockeren Ball gleicht (sog. Bedeguare); sie stehen im Ruf eines Schlafmittels (Schlafäpfel, Schlafkunzen). Der aus ihnen gewonnenen „*Tinct. fungorum cynosbati*“ schreiben manche heilende Wirkung auf die Harnwege zu. Auch Weißdorn (Kneipps Abführkur), Eberesche und viele Kräuter, wie Frauenmantel (*Alchimilla vulgaris*), Wiesenknopf (*Sanguisorba officinalis*), Fingerkraut (Anserine, *Potentilla anserina* u. a.), die nach Gewürznelken duftende Wurzel von *Geum urbanum* und *G. rivale* (Nelkenwurz, Benediktinerwurz, „*Radix caryophyllatae*“), die Himbeeren, Brombeeren und Erdbeeren, der Odermennich (*Agrimonia eupatoria*) u. a. sind volkstümlich im Gebrauch. Der aus Himbeeren hergestellte „*Sirupus Rubi idaei*“ dient als Geschmackkorrigens. —

Die bitteren Mandeln („*Amygdalae amarae*“) enthalten 30—50% fettes Öl, 25—35% Eiweißstoffe, 5% Zucker und 1,75—3,3% Amygdalin. Letzteres fehlt den süßen Mandeln („*A. dulces*“) vollständig. Über Spaltung des Amygdalins durch Emulsin, über Blausäure und andere Spaltungsprodukte s. o. S. 195. Die bitteren M. sind im allgemeinen etwas kleiner und spitzer als die süßen; sie dienen zur Herstellung des Bittermandelöls (Benzaldehyd), des blausäurehaltigen Bittermandelwassers („*Aqua amygdalarum amararum*“), des fetten Mandelöls und des Amygdalins, überdies als Gewürz, Zusatz zu Konditorware, bei der Likörfabrikation. Die süßen M. liefern Mandelöl und Mandelmilch, ihre Preßkuchen die Mandelkleie. — Dem Bittermandelwasser chemisch ähnlich ist die von *Prunus laurocerasus* gewonnene „*Aqua laurocerasi*“ (Kirschlorbeerwasser); dasselbe gilt von den volkstümlichen Mitteln, die aus Kirschkernen, Schlehenblüten oder Traubenkirschen („*Cortex pruni padi*“) hergestellt werden. Pfirsichsamen kommen oft als Mandeln in den Handel. —

Von ausländischen Drogen sind die Produkte einiger Umbelliferen, Myrtazeen und Rosazeen wichtig.

Einige in den iranischen Ländern heimische, baumartig stattliche Umbelliferen liefern mit dem Inhalt ihrer Sekretgänge den Stinkasant („*Asa foetida*“ von *Ferula narthex*, *F. asa foetida*, *F. scorodosma*), das „*Ammoniacum*“ (*Dorema ammoniacum*) und das „*Galbanum*“ (*Ferula galbaniflua*); Nervina, Sedativa, letzteres als Excitans, Antirheumaticum, Emmenagogum. Der Stinkasant ist vermutlich mit dem aus Kyrene exportierten Silphium des klassischen Altertums identisch.

Der „*Styrax liquidus*“ stammt von *Liquidambar orientalis*, einer im System isoliert stehenden, kleinasiatischen Gattung. Rinde und Splint enthalten Harzgänge, deren Inhalt hauptsächlich aus Zimtsäureestern besteht; Antisepticum, Stimulans; Einschlußmittel für mikroskopische Präparate, Räuchermittel. — Systematisch steht der genannten Gattung nahe die nordamerikanische *Hamamelis virginiana*, deren Rinde und Blätter wegen ihres Gerbstoffgehalts in der Hämorrhoidentherapie verwendet werden.

Die „*Caryophylli*“ (s. o. S. 346) liefern Eugenol und das „*Oleum caryophyllorum*“ (Nelkenöl). Von *Eucalyptus globulus*, dem „Fieberbaum“, waren früher die „*Folia eucalypti*“ offizinell; Febrifugum, Antisepticum; viel Gerbstoff und ätherische Öle („*Ol. eucalypti*“), aus welchen verschiedene vielseitig verwandte Präparate (Eukalypten, Eukalyptol usw.) hergestellt werden. Das ihm ähnliche „*Ol. cajeputi*“ stammt aus den Blättern und Früchten der indomalayischen Myrtazee *Melaleuca leucadendron* u. a. *M.*-Arten; Zahnschmerzmittel, Antirheumaticum.

„*Cortex granati*“ ist die von Stamm und Wurzeln des Granatbaumes gewonnene Rinde; namentlich das Wurzelmaterial ist sehr alkaloidreich; Taenifugum.

Tropische Rosazeen liefern die „*Cortex quillajae*“ (von *Quillaja saponaria*, Peru, Chile) oder Seifenrinde (Quillajarinde, Panamaholz), Gehalt an Sapotoxin und Quillajasäure, Gurgelmittel, Waschmittel — ferner die „*Flores Koso*“ („*Flores Kosso*“, von *Hagenia abyssinica*); als solche sind nur die weiblichen Blüten offizinell; Taenifugum.

„*Oleum santali ligni*“, das ostindische Sandelholzöl (Gehalt an Santalol) stammt von *Santalum album*; Antigonorrhoicum, Tabaksaucierung, Parfümerie. Das „*Viscum quercinum*“, die Eichenmistel (*Viscum album*) liefert einen stark klebrigen Stoff (Beeren und vegetative Teile, Viszin), der als Excipiens für Dermatotherapeutica dient; Volksmittel gegen Epilepsie.

Giftpflanzen. — Die wichtigsten, weil gefährlichsten und in der einheimischen Flora weit verbreitete Giftpflanzen liefern die Umbelliferen.

Conium maculatum enthält neben anderen Alkaloiden in allen Teilen das synthetisch herstellbare Piperidinderivat Koniin. In den Blättern bei Beginn der Blütezeit 0,1%, in reifenden Samen 0,6%; „*Herba conii*“ war früher offizinell; es verliert beim Trocknen seine Giftigkeit (Zersetzung der Alkaloide), Vergiftung durch *Conium* infolge Verwechslung des Schierlings mit Petersilie oder andern genießbaren Umbelliferen, muskellähmende Wirkung. Tod des Sokrates, 399 v. Chr. — *Cicuta virosa*, Wasserschierling, enthält in seinem Rhizom, das gelegentlich mit einer Rübe verwechselt und verzehrt werden kann, Zikutotoxin; auch lufttrockenes Material ist noch giftig. Auch die Hundspetersilie (*Aethusa cynapium*) scheint giftig zu sein; über ihre Eigenschaften äußern sich verschiedene Autoren in verschiedenem Sinne.

Daphne mezereum enthält ein örtlich stark reizendes Gift Mezereïn; alle Teile der Pflanze sind giftig, besonders die Früchte. Der Genuß von 1—3 Beeren soll schon bedenkliche Folgen haben können.

Die Beeren des Efeus rufen Erbrechen und Durchfall hervor.

Aristolochia und *Asarum* enthalten Stoffe, die toxikologisch dem Aloin nahestehen; Wirkung auf die Organe des Beckens. Die Wurzel von *Asarum* enthält Asaron (Asarumkampfer). —

Über bittere Mandeln s. o.

7. Leguminosae.

Die Leguminosen oder Hülsenfrüchte werden durch ihre Frucht (Hülse, Legumen) gekennzeichnet (Fig. 68b), die aus einem Fruchtblatt hervorgeht und durch zwei Längsrisse sich öffnet. Fruchtknoten stets oberständig. A oft 10. Blüten meist zygomorph. Über Wurzelknöllchen und Stickstoffversorgung s. S. 116.

Einheimische Familie:

Papilionaceae (Schmetterlingsblütler). — Kräuter und Holzpflanzen mit einfach gefiederten oder dreizähligen Blättern und bleibenden Nebenblättern. Viele rankende (Erbse, Wicke usw.) und windende Formen (Bohne). Blüten ausgesprochen zygomorph; K 5, C 5, A 10, G 1. Staubgefäße monadelphisch, d. h. zu einem Bündel verwachsen (Fig. 57b) oder diadelphisch, indem 9 Staubgefäße miteinander verwachsen, das zehnte freibleibt (Fig. 249). Krone aus einem symmetrischen („Fahne") und vier asymmetrischen Blättern (zwei „Flügeln" und dem aus zwei Blättern gebildete „Schiffchen", vgl. Fig. 250) gebildet. Die Samen ohne Endosperm mit meist sehr großem, nährstoffreichem Embryo. — Wichtige Unterscheidungsmerkmale geben zunächst Habitus und Vegetationsorgane ab. Fast alle in unseren Breiten wachsenden Schmetterlingsblütler sind Kräuter; häufig kultivierte Bäume sind *Robinia pseud-acacia*, Robinie (fälschlich Akazie genannt, Nordamerika) und *Cytisus laburnum*, Goldregen. *Wistaria sinensis*, Glyzine, eine windende Holzpflanze Chinas, die ihrer schönen blauen Blütentrauben wegen an Häuserfassaden gern gezogen wird. Dreizählige Blätter haben die wildwachsenden und als Futterpflanzen kultivierten Arten von *Trifolium*, Klee (*Tr. pratense* und *Tr. incarnatum*, rotblühend, *Tr. repens*, weiß, *Tr. hybridum*, rosa). — *Medicago*, Luzerne (*M. sativa*, blau-, *M. falcata*, gelbblühend), *Melilotus officinalis*, Steinklee (Fig. 251), *Trigonella foenum graecum*, Bockshorn u. a.; große dreizählige Blätter hat *Cytisus laburnum*, Goldregen (Fig. 252), *Phaseolus vulgaris*, Bohne, *Soja hispida*, Sojabohne. Gefingerte Blätter bei *Lupinus*, Lupine (Fig. 39b), unpaarig gefiederte bei *Coronilla varia*, Kronwicke (Fig. 253), *Glycyrrhiza* u. a. — Blattranken tragen *Pisum sativum*, Erbse (Fig. 254), *Lens esculenta*, Linse, und viele *Vicia*- oder Wicken-Arten; die obersten Fiedern werden zu Ranken (Fig. 42), während bei *V. faba*, Saubohne (Puffbohne), das endständige Fiederblättchen zu einem kurzen, borstenähnlichen Fortsatz wird, der keine Rankenfunktion ausübt. Dornen bei *Ononis spinosa*, Hauhechel (Fig. 33). — Die Blüten stehen vorzugsweise in Trauben (Fig. 252), zuweilen in einseitwendigen (*Melilotus*,

Fig. 249. Papilionaceae (*Vicia faba*): das der Abstammungsachse zugewandte Staubgefäß ist frei; nach Eichler.

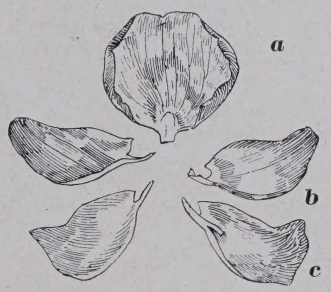


Fig. 250. Schmetterlingsblüte (*Wistaria*): *a* Fahne, *b* zwei Flügel; zwei weitere Blätter verwachsen bei vielen Gattungen zu einem Organ und bilden das Schiffchen (*c*).

Fig. 251) oder in kurzen, gestauchten, köpfchen- oder doldenähnlichen Ständen (*Trifolium*, auch *Coronilla*, Fig. 253). — Manche Gattungen haben einsamige Früchtchen, die sich nicht öffnen (Schließfrüchte, *Melilotus* u. a.); die tropische *Arachis hypogaea*, Erdnuß, läßt ihre Blütenstiele nach dem Verblühen in den Boden dringen und reift ihre Früchte unterirdisch.

Fig. 251. Steinklee (*Melilotus officinalis*).

Ausländische Familien:

Caesalpiniaceae. — Meist Holzgewächse, die im Blütenbau den vorigen ähnlich sind; K 5, C 5, A 5 + 5, G 1; A oft stark reduziert. Blätter einfach oder doppelt gefiedert. — *Ceratonia siliqua*, Johannisbrotbaum (Karobbe), mediterraner Baum; die andern in den Tropen heimisch: *Cassia*, ein seiner

Blätter wegen (Fig. 39c) viel kultivierter Strauch mit leuchtend gelben Blüten; in diesen 7 fruchtbare, 3 unfruchtbare Antheren. — *Krameria triandra* (Kordilleren) mit silberig-grünem Laub; vierzählige Blüten, Kelch kronenartig gefärbt; C klein, A 3. — *Tamarindus indica* (Fig. 255), *Haematoxylon campechianum* u. a.

Fig. 252. Goldregen (*Cytisus laburnum*). Giftig.

Mimosaceae. — Aktinomorphe Blüten mit unscheinbarer Krone, A 4—∞. — *Mimosa pudica*, Sinnpflanze; über ihre Bewegungen vgl. Fig. 130 und 131. — *Acacia*.

Lebensmittelgewerbe. — Viele Hülsenfrüchte liefern mit ihren Früchten und Samen einige der wertvollsten vegetabilischen Nahrungsmittel. Besonders wichtig sind Erbse, Bohne, Linse und Saubohne, deren reife

Samen mit den Embryonen ein außerordentlich stärke- und zugleich sehr eiweißreiches Material abgeben, bei dessen Genuß freilich auch beträchtliche

Fig. 253. Kronwicke (*Coronilla varia*). Giftig.

Mengen Rohfaser mit in Kauf zu nehmen sind. Erbsen enthalten durchschnittlich 5,5%, die Saubohne sogar 8%, die Linse 4% Rohfaser. Gerichte, die nach Beseitigung der Samenschalen ausschließlich aus dem Gewebe des Embryo hergestellt sind, enthalten naturgemäß weniger Zellwandstoffe

und ihre N-haltigen und N-freien Bestandteile in leicht resorbierbarer Form. Gleichwohl bleiben günstigenfalls noch ca. 18% der N-Verbindungen unausgenutzt. Hauptbestandteil der letzteren ist das P-reiche (0,35%) Legumin, das mit Mg und Ca unlösliche Verbindungen gibt; Leguminosensamen sind daher mit weichem Wasser anzurichten. Ihr „Hartkochen" wird durch mehrstündiges Wässern oder Zusatz von Soda vermieden.

	N-Verbindungen	Kohlehydrate
Weizenmehl	11	72
Kartoffelmehl	1	80
Erbsenmehl	25	57

Über die Morphologie der Leguminosenstärke s. o. S. 67.

Die Erbse (*Pisum sativum*) wird in zwei Hauptformen, als weißblühende Gartenerbse (Erbse s. str., Saaterbse, Schotenerbse Fig. 254 — mit gelben oder grünlichen Samen) und violettblühende Futtererbse (graue E., Peluschke — mit dunkleren, graugrünen, braunen, schwärzlichen, oft punktierten Samen) gebaut. Zur menschlichen Nahrung dienen vorzugsweise die Samen der ersteren, doch ist auch gegen gleiche Verwendung der andern (Ostpreußen!) nichts einzuwenden. Die unreifen Früchte — oft fälschlich „Schoten" genannt — liefern ein zuckerreiches Gemüsegericht, die reifen Samen Erbsenmehl, Erbsensuppe, Brotzusatz, Nährpräparate und Konserven. Von manchen Arten werden auch die unreifen Perikarpe (Gemüsegericht, Konfiserie) genossen. Besonders zuckerreich ist *P. saccharatum* (Zuckererbse). — Die Bohne (*Phaseolus vulgaris*, Gartenbohne, Gartenfisole, Veitsbohne) stammt aus Amerika. In vielen Varietäten gebaut (verschiedene Blüten- und Samenfarbe, windende „Stangenbohnen" und nichtwindende „Buschbohnen"). Ihr ähnlich die Feuerbohne (*Ph. multiflorus*, Prachtbohne, türkische B.) mit größeren, besonders dickschaligen, meist violetten, schwarz gescheckten Samen. Die Perikarpe samt Samen als Gemüse oder Salat genossen, namentlich bei Varietäten mit möglichst zarten Leitbündeln oder „Fäden". Verwendung der reifen Samen wie bei Erbse, der die Bohnen auch in der chemischen Zusammensetzung (vgl. die Tabelle) ähnlich sind. Bohnenmehl früher zu Schminke verwendet („Schminkbohne"). — Die Linse (*Lens esculenta*) mit braunen, schmutzig-gelben, grünlichen, rotbraunen oder schwarzen Samen; namentlich in Rußland reichlich angebaut; Mehl, Brotbereitung, Nährpräparate („*Revalenta arabica*", an der auch die folgende beteiligt ist). — Die Saubohne (*Vicia faba*, Puff-, Feldbohne), bläulich-grünes Laub, vier-

Fig. 254. Schmetterlingsblüte und Hülse (*Pisum sativum*).

kantiger, aufrechter Stengel; große, flache, dickschalige, meist braune Samen. Verwendung der unreifen Hülsen und Samen (Gemüsegerichte), Verarbeitung der reifen Samen zu Brei, Mehl, Brotzusatz („Kastor-Mehl), Nährpräparaten (s. o.).

Von geringerer Wichtigkeit sind: Kichererbse (*Cicer arietinum*, nach dem widderhornähnlich vorspringenden Würzelchen des Samens), nicht rankende, im Mediterrangebiet viel gebaute Art; reich an Fett (4—5%) und Kohlehydraten (ca. 62%), relativ arm an N-Verbindungen (19%). Verwendung wie die früheren, Backmehl; garbanzos der spanischen Küche. — Futterwicke (*Vicia sativa*), vorzugsweise als Viehfutter gezogen, Samen auch zur menschlichen Ernährung tauglich. — Saatplatterbse (*Lathyrus*

	Wasser	N-Substanz	Fett	N-freie Extraktstoffe	Rohfaser	Asche
Bohne . .	14	26	1,6	47	8	3
Erbse . .	14	23	2	53	5,6	3
Linse . . .	12	26	2	53	4	3
Soja . . .	9—12	28—43	15—22	26—33	4,5	4,5

sativus, deutsche Kicher, Kicherling), in Frankreich, Rumänien u. a. reichlich, in Deutschland vorzugsweise als Viehfutter gebaut. Bei Mensch und Tier ruft allzu reichliche Ernährung mit *Lathyrus sativus* schwere Vergiftungserscheinungen (Lathyrismus) hervor; ähnliche Störungen auch nach *Cicer*-Verfütterung an Pferden und in Nordamerika und Australien an Pferden und Boviden nach Genuß verschiedener Leguminosenunkräuter (Loco weeds, Narrenunkräuter; loco disease).

Fig. 255. Caesalpiniaceae (*Tamarindus*): K 4, C 3, A 3, G 1. Nach Eichler.

Die Mondbohne (*Phaseolus lunatus*, Lima-, Sieva-, Rangoonbohne), vorzugsweise in den Tropen gebaut, liefert weiße oder farbige Samen (14—18 mm, bei dem großsamigen *Ph. lunatus macrocarpus* bis 3 cm lang). Am Nabel weisen manche Varietäten deutliche strahlige Struktur auf; fehlt diese, so können die Samen leicht mit den der einheimischen *Ph.*-Arten verwechselt werden. Die Mondbohne enthält Phaseolunatin (s. o. S. 196), das Blausäure liefert und namentlich den farbigen Varietäten gegenüber zur Vorsicht nötigt. In den Tropen wird die Mondbohne viel verzehrt; Entgiftung durch Zerkleinerung und mehrstündiges Wässern. Ohne solche sind an Mensch und Tier ernste Störungen zu gewärtigen.

Die in Ostasien heimische und viel gebaute, auch in Nordamerika geschätzte Sojabohne (*Soja hispida* = *Glycine hispida*), ein 50—70 cm hohes, aufrechtes oder schlingendes Gewächs, unterscheidet sich durch den geringen Kohlehydrat-Gehalt der Samen, seinen Reichtum an N-Verbindungen und namentlich an Fett (daher Öl- oder Fettbohne genannt) ganz wesentlich von andern Hülsenfrüchten (vgl. Tabelle). Für Mitteleuropa von Haberlandt („Haberlandtbohne") und neuerdings von vielen Praktikern angelegentlichst und als Ersatz für Fleischnahrung empfohlen. Leguminosengerichte aller Art, Ölgewinnung, Herstellung kohlehydratarmen Diabetikerbrotes; in Ostasien Verarbeitung zu Gerichten verschiedener Art unter Mitwirkung von Mikroorganismen (S. 266). Milch- und

käseähnliche Produkte („Soyama") werden in Deutschland von den Soyama-Werken (Frankfurt a. M.) geliefert, ähnliche von den Aguma-Werken (Hamburg). — Weitere wichtige tropische Leguminosen sind die Mungobohne (*Phaseolus mungo*) und die Helmbohne (*Dolichos Lablab*); Verwendung nach Art der europäischen Bohnen; nahe verwandt mit der letzteren die Faselbohne des Mittelalters (*D. melanophthalmus*, mit schwarzem Nabelfleck, Vorderasien), von Karl d. Gr. zum Anbau empfohlen.

Die Lupinen (Wolfsbohnen, *Lupinus luteus*, gelbe L., und *L. angustifolius*, blaue L.) werden hauptsächlich als Gründüngungsmittel und Viehfutter geschätzt, die gefleckten, gesprenkelten Samen enthalten sehr viel N-Verbindungen (27—52%), daneben Fett (5%) und Kohlehydrate (20—40%, Zucker, Galaktan u. a.). Ihre Verwertung im Lebensmittelgewerbe (Brotzusatz bis 20% u. a.) wird durch Gehalt der Samen an bitteren und giftigen Stoffen erschwert; Entbitterung hat auch meist der Verfütterung an das Vieh vorauszugehen. Die in den Lupinen enthaltenen Alkaloide (Lupinin, Lupinidin) werden Tieren zuweilen gefährlich; Entfernung durch Wässerung (NaCl-Zusatz oder schwache HCl). Die Lupinose oder Gelbsucht der Schafe ist eine tödlich verlaufende, akute gelbe Leberatrophie, die mit den eben erwähnten Alkaloiden nichts zu tun hat und durch eine nur zuweilen in Lupinen reichlich auftretende Substanz („Iktrogen") hervorgerufen wird (Probefütterung!).

Als Ölfrucht kommen die reichlich nach Europa importierten Samen der Erdnuß (*Arachis hypogaea*, Erdeichel, Erdpistazie, 46% Fett) in Betracht; Anbau vorzugsweise in den Tropen (Erdnußöl, Katjangöl), das aus den Preßrückständen gewonnene Erdnußmehl (50% N-Verbindungen) wird in Spanien verschiedenartig verarbeitet.

Genußmittel liefern die Leguminosen in sehr geringer Zahl. Der mediterrane Johannisbrotbaum (*Ceratonia siliqua*) liefert derbe Hülsen, die nach der Ernte in die Sonne gelegt werden und hierbei einen angenehmen aromatischen Geschmack annehmen. Das Perikarp ist weich und eßbar („*Siliqua dulcis*", 50% Zucker, auch als Hustenmittel benutzt.). Die Samen sind sehr hart und ungenießbar. — Kaffeesurrogat und Kaffeezusatz hat man aus Erdnuß (s. o.) und den Samen von *Cassia occidentalis* (Sudankaffee) hergestellt. „Schwedischer" oder „Kontinentalkaffee" heißt das vom mediterranen *Astragalus balticus* gewonnene Material. — Lupinensamen entwickeln beim Brennen Röststoffe, die sie im Geschmack dem echten Kaffee ähnlich machen; die in ihnen enthaltenen Alkaloide sollen Kopfschmerzen hervorrufen können, gleichwohl aber die Verbreitung des Getränks in Rußland nicht aufhalten. Auch aus den Samen der Sojabohne, der Garten- und der Kichererbse, im Kriege sogar aus den der *Robinia* ist „Kaffee" hergestellt worden.

Lakritze (von *Glycyrrhiza glabra*, s. u.) ist durch den Gehalt an Glyzyrrhizinsäure (5—7%, daneben Rohr- und Traubenzucker und Mannit) ein angenehm schmeckendes Süßmittel (Porterbier, russische Marmelade, Kautabak u. a.). — Die großen Samen der südamerikanischen *Dipteryx odorata* (Tonkabohnen) enthalten oft so viel Kumarin, daß es auf ihrer Oberfläche auskristallisiert; Parfümierung des Schnupf- u. a. Tabaks, Gewinnung von Kumarin. —

Als einheimisches Blattgemüse ist die Luzerne (*Medicago sativa*) wegen ihres hohen Eiweißgehaltes (8%) empfohlen worden; doch dürfte sie ebenso wie *Trifolium*, *Melilotus* u. a. nur den Rang von Notnahrungsmitteln beanspruchen. Auch *Ononis*-Blätter dürfen (trotz ihrem Saponingehalt) ebenfalls als Gemüse verwertet werden.

Drogen. — Die holzige „*Radix ononidis*“ von *Ononis spinosa* ist ein Bestandteil der „*Species diureticae*“ (neben „*Rad. levistici*“ und den „*Baccae juniperi*“); die „*Herba meliloti*“, eine an Kumarin reiche Droge, ist neben Malven („*Folia althaeae*“, „*F. malvae*“), „*Flores chamomillae*“ und „*Semen lini*“ in den „*Species emollientes*“. Die Zweigspitzen des Besenginsters (*Sarothamnus scoparius*) liefern ein Alkaloid, Sparteïn; Herzstimulans, Diureticum. Außer den genannten finden in der Volksmedizin einige *Trifolium*-Arten, *Phaseolus vulgaris* u. a. Verwendung.

Das Süßholz („*Radix liquiritiae*“) wird von *Glycyrrhiza glabra*, das vom deutschen Arzneibuch geforderte russische von *Gl. glabra var. glandulifera* (Südrußland, Kleinasien, Persien, Sibirien) gewonnen; Hustenmittel, Geschmackskorrigens. Durch Auskochen wird der süße „*Succus liquiritiae*“ (Lakritze) hergestellt, aus diesem — nach Zucker und Anisölzusatz — das „Cachou“. — *Trigonella foenum graecum*, Bockshornklee, mediterranes Getreideunkraut, in Griechenland als Viehfutter benutzt („Griechisches Heu“), in Frankreich, auch in Deutschland der in hornähnlichen Hülsen liegenden Samen wegen angebaut („*Semen foenugraeci*“); Veterinärpraxis, vielseitige Verwendung nach Kneipp u. a.

Einige sehr wichtige Drogen liefern die Tropen. Die Sennesblätter („*Folia Sennae*“) stammen von *Cassia angustifolia* („*F. S. Tinnevelly*“, Indien) und *C. acutifolia* und *C. obovata* („*F. S. alexandrinae*“, Afrika). Sie enthalten Emodin, Chrysophansäure, Kathartinsäure u. a. und dienen als Purgans und Laxativum; sie bilden einen wesentlichen Bestandteil der „*Species Gasteinenses*“, „*Hamburgenses*“ und „*laxantes*“ (Gasteiner, Hamburger, Abführtee); der St. Germain-Tee wird aus alkoholisch entharzten Blättern gewonnen. Weitere Sennespräparate sind das Wiener Tränkchen und das Kurellasche Pulver („*Pulvis liquiritiae compositus*“). Auch die Früchte der *Cassia* werden als Abführmittel benutzt („*Folliculi sennae alexandrinae*“). „Deutsche Sennesblätter“ (Blasensennesblätter) sind ein irreführender Namen für die (ebenfalls abführend wirkenden) Fiederblättchen des Blasenstrauches (*Colutea arborescens*, Südeuropa, Orient), einer gelbblühenden in Anlagen gern gezogenen Art, die durch zarte, stark aufgeblasene Hülsen auffällt. — *Tamarindus indica* (Ostindien) liefert das abführende, schwarzbraune Tamarindenmus („*Pulpa tamarindorum*“), das aus den bei der Fruchtreife teigartig erweichenden mittelsten Gewebelagen des Perikarps hervorgeht; Gehalt an Säuren, Schleimen, Zucker. — „*Radix Ratanhiae*“, die holzige, rotbraune Wurzel von *Krameria triandra* (Peru, Bolivia) enthält Ratanhia-Gerbsäure; Tonicum, Adstringens.

Physostigmin ist ein Alkaloid der großen, braunen Samen von *Physostigma venenosum*, einer westafrikanischen Schlingpflanze („*Semen calabar*“; Laxativum, Stimulans, Antitetanicum, vielseitige Verwendung in der ophthalmologischen Praxis). Das Chrysarobin („*Araroba*“) stammt von *Andira araroba* (Brasilien), aus dessen Stamm ein pulveriges Sekret („Goa Powder“) gewonnen wird; Derivat des Anthrachinons, Anwendung bei parasitären Hautaffektionen, Psoriasis usw.

Pterocarpus santalinus (Ostindien, Philippinen) liefert das rote Santelholz („*Lignum santalinum rubrum*“); Verwendung zu Holztee. Das früher gegen Nierenkrankheiten verwendete „*Lignum nephriticum*“, das durch seine wasserlöslichen fluoreszierenden Stoffe die Aufmerksamkeit auf sich lenkt (Goethes Farbenlehre!), stammt von *Eysenhardtia amorphoides* (Mexiko). —

Rohstoffe — die auch in der Apotheke eine Rolle spielen sind folgende.

„*Catechu*“ stammt aus dem Kernholz der *Acacia catechu* und *A. suma* (Südasien); Adstringens, Verwendung in Gerberei und Färberei; über das „*Catechu Gambir*“ siehe Rubiaceae. Das „*Balsamum copaivae*“ (Kopaiva-, Jesuiterbalsam) stammt von *Copaifera Jaquinis* u. a. *C.*-Arten (Maracaibo); Antigonorrhoicum, Diureticum, Verwendung in der Maltechnik; „*B. peruvianum verum*“ (Perubalsam) stammt aus der Rinde des *Myroxylon Pereirae* (Mittelamerika, Balsamküste), „*B. tolutanum*“ (Tolubalsam) von *M. toluifera* (Magdalenenstrom); in beiden Fällen entsteht der Balsam unter dem Einfluß der Verwundungen, die dem Baum beigebracht werden; Ester der Benzoë- und Zimtsäure, Vanillin, Harze; Antiscabiosum, Wundmittel, Verwendung in Parfümerie, Schokoladenfabrikation usw. „*Kino*“ wird von verschiedenen Bäumen, vornehmlich von *Pterocarpus marsupium* (Malabar-Kino, Westafrika, Ostindien), durch Einschnitte in die Rinde gewonnen; Kinogerbsäure, Kinorot; Adstringens, Stypticum; Färberei und Gerberei. — Das „*Tragacantha*“ (Tragantgummi) entquillt spontan den Achsen von *Astragalus gummifer*, *A. microcephalus* u. a. asiatischer *A.*-Arten in Gestalt weißer Platten oder Locken; Gleitmittel für Katheter, Bindemittel für Pflaster, Verwendung zu verschiedenen außerklinischen Zwecken. Ähnliche Verwendung (Tabletten-, Pillenherstellung usw.) findet das beliebte Klebmittel „*Gummi arabicum*“, das den Stämmen von *Acacia senegal* u. a. *A.*-Arten Nordostafrikas und Arabiens nach lokaler Zerstörung des Rindengewebes (S. 224) entquillt.

Farbstoffe. — Indigo („*Indicum*“) wird aus zahlreichen *Indigofera*-Arten (*I. tinctoria*, *I. Anil* u. a.) gewonnen, wird aber auch in Vertretern zahlreicher anderer Familien gebildet (s. o. S. 196). — Hämatoxylin, ein aus dem Campeche-Holz (*Haematoxylon campechianum*, Mittelamerika) gewonnener Stoff, spielt als Kernfärbemittel in der mikroskopischen Technik eine große Rolle; eine Abkochung des Holzes (Blauholzextrakt) wird zur Färbung von Stoffen benutzt.

Giftpflanzen. — *Cytisus laburnum* (Fig. 252) u. a. *C.*-Arten enthalten Zytisin — namentlich in Blüten und Früchten, weniger in Blättern. Letztere sind des Zytisingehaltes wegen als Ersatz für Tabak empfohlen worden. Ähnliche Stoffe z. B. in den Samen des *Ulex europaeus*, dem wacholderähnlichen, stark dornigen Stechginster; die Triebspitzen sollen als Teesurrogat dienen; auch einige *Genista*-Arten sind giftig, sowie die *Coronilla*-Arten, z. B. die einheimische *C. varia* (Fig. 253). Ein dem Chrysarobin in seiner hautreizenden Wirkung ähnliches Gift enthält *Wistaria sinensis*. — Über Mondbohnenvergiftung, Lupinose und Lathyrismus s. o.

Zweite Abteilung: Sympetalae.

1. Pentacyclicae.

Die Blüten bestehen aus 5, ihr Androeceum aus 2 Kreisen (Fig. 256). Fruchtknoten meist oberständig.

Einheimische Familien:

Ericaceae. — Kräuter und Holzpflanzen; Blätter einfach, oft immergrün. Antheren mit je zwei hornähnlichen Anhängseln. — *Vaccinium*, mit unterständigem Fruchtknoten; *V. myrtillus*, Heidelbeere, sommergrünes Sträuchlein mit kantigen Stengeln, glockigen Blüten, blauschwarzen

Beeren, deren Saft farbig ist; *V. uliginosum*, Trunkelsbeere (Rauschbeere, Moorheidelbeere), der vorigen ähnlich, aber höher; Äste stielrund; Beeren innen ungefärbt oder grünlich; *V. vitis idaea*, Preißelbeere, immergrün, Beeren rot; *V. oxycoccus*, Moorbeere, immergrünes, kriechendes Sträuchlein; C 4, radförmig; Beere rotbraun. — *Calluna vulgaris*, Heide (Heidekraut, fälschlich Erika genannt), oberständiger Fruchtknoten, Blätter nadelförmig; rote Blüten in Trauben. — *Erica carnea*, *E. tetralix*, Heide. — *Ledum palustre*, Porst, linealische, lederige, immergrüne Rollblätter, weiße Blüten, oberständiger Fruchtknoten. — *Rhododendron ferrugineum*, Alpenrose, und *Rh. hirsutum*, Almenrausch. — *Arctostaphylos uva ursi*, Bärentraube, immergrün, Fruchtknoten oberständig, rote preißelbeerähnliche Frucht mit fünf harten Steinkernen.

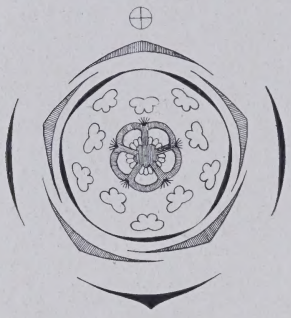


Fig. 256. Ericaceae (*Vaccinium*); nach Eichler.

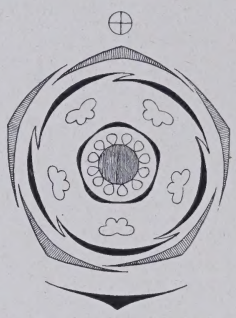


Fig. 256a. Primulaceae (*Primula*); n. Eichler.

Primulaceae. — Kräuter. Einer der beiden Androeceumkreise schlägt fehl, so daß die Blüten aus 4 Kreisen bestehen; die Stellung der Organe (Fig. 256a) lehrt, daß ein fünftes ausgefallen ist. Zentrale Placenta (Fig. 55f). — *Primula*-Arten, Zierpflanzen. — *Cyclamen europaeum*, Alpenveilchen. — *Anagallis arvensis*, Hühnerdarm (Gauchheil), weit verbreitet, rotblühendes Ackerunkraut.

Ausländische Familien:

Sapotaceae mit *Palaquium* und **Styracaceae** mit *Styrax*.

Lebensmittelgewerbe. — Für dieses liefern die Erikazeen mit einigen Beerenobstformen wichtige Materialien. Namentlich die Heidelbeere spielt in manchen Teilen Deutschlands geradezu als Volksnahrungsmittel eine Rolle (5% Zucker, 0,8% N-Verbindungen). Die zahlreichen Samenkörnchen, die zusammen mit dem Fruchtfleisch genossen werden, machen die Heidelbeeren zu einem sehr rohfaserreichen Obst (12%). Herstellung von Dörrobst, Heidelbeerwein und -branntwein; alle Produkte reich an Gerbstoff und Anthozyan. Die Preißelbeeren sind viel zuckerärmer (1,5%), enthalten freie Benzoësäure und viel Gerbstoff; eingemacht als Kompott geschätzt; Herstellung von Branntwein (Steinbeerwasser). Die Trunkelbeere steht — mit zweifelhaftem Recht — im Rufe der Giftigkeit. *V. macrocarpum*, die großfrüchtige Moorbeere (Kranbeere) stammt aus Nordamerika und wird auch in Deutschland hier und da wegen der großen roten Früchte angebaut. Die des *Arctostaphylos uva ursi* können gelegentlich mit Preißelbeeren verwechselt werden, sie sind unschädlich, werden aber durch ihre Steinkerne zum Genuß wenig geeignet.

Tee liefern die Blätter und Blüten der *Primula officinalis* (Himmelschlüssel), die Blätter verschiedener *Vaccinium*-Arten (*V. myrtillus*, *V. vitis idaea*, *V. oxycoccus*) und die Blüten von *Calluna*. Die Blätter von *Arctostaphylos* („*Folia uvae ursi*“) liefern nach Röstung den kaukasischen oder

Batumtee (s. u.). Auch werden sie dem Rauchtabak beigemischt. Dasselbe Schicksal sollen in den österreichischen Alpen auch die Blätter des *Cyclamen* haben.

Calluna vulgaris, eine der wichtigsten deutschen Bienenfutterpflanzen.

Drogen. — Die „*Folia uvae ursi*" enthalten viel Gerbstoff (30—34%) und das Glykosid Arbutin (3,5%), das im menschlichen Organismus in Zucker und Hydrochinon gespalten wird; Tonicum, Adstringens, antiseptische Wirkung des Hydrochinons. Von den *Vaccinium*-Arten wird *V. myrtillus* durch die „*Fructus myrtilli*" (Adstringens) die wichtigste; der Tee der Blätter wird volkstümlich angewandt. Auch *V. vitis idaea*, *V. oxycoccus* und *Calluna vulgaris* liefern der Volksmedizin Heiltee, desgleichen die einheimischen *Rhododendron*-Arten, die ebenfalls Arbutin enthalten. Das sibirische *Rh. chrysanthum* liefert der homöopathischen Schule einen Tee. Volksheilmittel liefern weiterhin *Primula officinalis*, *Pr. auricula*, *Anagallis arvensis*. Von *Gaultheria procumbens* (Nordamerika) stammen der in ihrer Heimat viel getrunkene Kanada- oder Labradortee und das Gaultheriaöl (Wintergreenöl = Salizylsäuremethylester, Antirheumaticum, Antisepticum).

Rohstoffe. — „*Guttapercha*" stammt von *Palaquium gutta* und vornehmlich *P. oblongifolium* (Sundainseln), dessen Stämme angezapft werden, so daß sie den Inhalt ihrer ungegliederten Milchröhren austreten lassen. Herstellung von Guttaperchapapier, Verwendung in der zahnärztlichen Praxis usw.; in Chloroform gelöst als „Traumatizin". — „Benzoë" (Siam- und Sumatradroge) stammt von einigen Styrakazeen (*Styrax Benzoin* u.a.): durch Rindeneinschnitte werden die Bäume zur pathologischen Harzproduktion veranlaßt (s. S. 224).

Giftpflanzen. — *Ledum palustre* enthält ein ätherisches Öl, aus dem sich kristallinisch eine als Porstkampfer bezeichnete Substanz ausscheidet, und welches auf Magen- und Darmschleimhaut stark reizend wirkt; Narcoticum. „*Herba Ledi*" der homöopathischen Schule soll Abortus hervorrufen können; Mottenbekämpfungsmittel.

Über *Vaccinium uliginosum* s. o.

Rhododendron ponticum, das in Gärten gezogen wird, enthält das sehr giftige Andromedotoxin, von dem die einheimischen *Rh.*-Arten frei sind; aus seinen Blüten stammt der giftige Honig von Trapezunt (Xenophon Anabasis).

Die *Cyclamen*-Knollen (S. 25) waren früher offizinell („*Radix arthanitae*") und in der Volksmedizin gebräuchlich, sie enthalten ein giftiges Saponin (Zyklamin, Arthanitin); durch Rösten sollen sie entgiftet und genießbar werden.

Im Zimmer wird außer *Primula sinensis* oft eine giftige Art *Pr. obconica*, gezogen (Fig. 101 a, b), die bei empfindlichen Personen heftige Hautentzündungen und Ödem hervorrufen kann; wird an dem becherförmigen Kelch von der ähnlich blühenden, ebenfalls viel kultivierten *Pr. sinensis* (beide aus China) unterschieden; letztere mit stark aufgeblasenem Kelch.

Anagallis arvensis ist durch Saponingehalt giftig.

2. Tetracyclicae hypogynae.

Die Blüten enthalten nur einen Staubblattkreis; der Fruchtknoten ist stets oberständig. G 2—3.

Fast alle wichtigeren Familien sind auch in der einheimischen Flora vertreten.

Oleaceae. — Holzpflanzen mit gegenständigen Blättern; Nebenblätter fehlen, K 4, C 4, A 2, G 2. — *Fraxinus*, Esche; *Fr. excelsior* liefert gutes Werkholz; *Fr. ornus*, Blumenesche (medit.), als Zierbaum geschätzt. — *Syringa vulgaris*, der spanische Flieder; *Ligustrum vulgare*, Liguster. — *Olea europaea*, Ölbaum (medit.), weidenähnlicher Baum mit lockerer Krone und graugrünem Laub.

Fig. 257. Hundswürger (*Vincetoxicum officinale*). — Giftig.

Loganiaceae. — *Strychnos nux vomica*, Brechnuß; südasiatischer Baum mit derbschaligen Beeren und großen, scheibenförmigen Samen. — *Gelsemium*, Nordamerika.

Gentianaceae (Enziangewächse). — Kräuter, gegenständige, ganzrandige Blätter; Blüten in der Knospenlage gedreht, 4—5-zählig; G 2. — *Gentiana*, Enzian, zahlreiche meist blaublühende Arten der Gebirgsflora; *G. verna*, *G. acaulis*, *G. pannonica* u. a., *G. lutea* mit gelben Blüten. — *Erythraea centaurium*, Tausendgüldenkraut, rote Blüten in Trugdolden. — *Menyanthes trifoliata*, Bitterklee, Sumpfpflanze mit dreizähligen Blättern (Fig. 39a) und wimperig behaarten Blüten.

Apocynaceae. — Milchsaftführende Kräuter und Bäume; K 5, C 5, A 5, G 2; Fruchtknoten voneinander getrennt, nur durch Griffel und Narbe zusammengehalten. — In der einheimischen Flora durch die blaublühende, immergrüne *Vinca minor*, Sinngrün, vertreten. Als Zierbaum geschätzt *Nerium Oleander*, der medit. Oleander, mit weißen oder rosa Blüten. — *Strophantus*, Liane des tropischen Afrika; *Aspidosperma Quebracho*, Argentinien; *Kickxia* und *Landolphia* (tropisches Afrika) u. a. werden auf ihren Milchsaft ausgebeutet.

Asclepiadaceae. — Milchsaftführende Kräuter und Bäume; K 5, C 5, A 5, G 2. Fruchtknotenfächer frei, oben durch gemeinsames, kopfförmiges Narbenstück zusammengehalten. Der Inhalt der Antheren bleibt zu Pollinien, teigähnlichen Pollenmassen, verklebt. — Einheimisch ist *Vincetoxicum officinale* (= *Cynanchum vincetoxicum*), Schwalbenwurz (Hundswürger), mit unscheinbaren weißen Blüten (Fig. 257). — *Marsdenia*, südamerikanische Liane.

Convolvulaceae (Windengewächse). — Windende Sprosse mit wechselständigen, oft pfeilförmigen Blättern; K 5, C 5, A 5, G 2 (Fig. 258). — Einheimische Arten von *Convolvulus*, Ackerwinde u. a. — *Exogonium Purga*, die Jalape (Mexiko), mit rübenförmigen Nebenwurzeln. — *Ipomoea batatas* (= *Batatas edulis*, Mittelamerika) mit eßbaren Knollen.

Boraginaceae (Asperifoliaceae). — Rauhblättrige Kräuter mit rundem Stengel und wechselständigen Blättern. Schlund der Kronenröhre oft durch schuppenförmige Anhängsel (Schlundschuppen) verschlossen; K 5, C 5, A 5, G 2. Der Fruchtknoten, durch falsche Scheidenwände in 4 Fächer zerlegt, zerfällt zur Zeit der Reife in 4 einsamige Schließfrüchte (Klausen, Fig. 259). — *Myosolis paiustrts* u. a. Arten, Vergißmeinnicht, mit blauen stieltellerförmigen Kronen und gelben Schlundschuppen. — *Borago officinalis*, Boretsch, mit großer radförmiger, blauer Krone; Gartenunkraut. — *Symphytum officinale*, Beinwell, mit trüb violetten, glockenförmigen Kronen (Fig. 259). — *Echium vulgare*, Natternkopf (stolzer Heinrich), mit sehr rauher Behaarung und rötlichen, später blauen, zygomorphen Kronen, und *Pulmonaria officinalis*, Lungenkraut, mit aktinomorphen Blüten und gefleckten Blättern, haben keine Schlundschuppen.

Fig. 258. Convolvulaceae. Nach Eichler.

Labiatae (Lippenblütler). — Kräuter mit vierkantigem Stengel und gegenständigen Blättern; Drüsenhaare. Krone zygomorph (Fig. 260), meist ausgesprochen zweilippig. K 5, C 5, A meist 4, G 2. Androeceum aus 2 langen und 2 kurzen Staubblättern bestehend („didynamisch"). Frucht wie bei den Boraginazeen (Fig. 261). — Umfangreiche, auch in der einheimischen Flora durch zahlreiche Gattungen vertreten, die bald als kriechende, unscheinbare (*Thymus*) oder kleinblütige (*Mentha*), bald als stattlich aufgerichtete (*Stachys*, *Betonica*) und großblumige Formen (*Salvia*) unsere Wiesen bevölkern. Vegetative Organe und Früchte im allgemeinen ähnlich oder übereinstimmend gebaut; gute Unterscheidungsmerkmale gibt der Bau der Blüten ab. Bei *Salvia*, Salbei, und *Rosmarinus* Androeceum zweigliedrig, bei allen andern viergliedrig. Krone bei *Mentha*, Minze, fast gleichmäßig vierspaltig, bei allen übrigen zygomorph. Kelch gleichmäßig fünfspaltig oder gleich der Krone zweilippig. Die Oberlippe der Krone bald flach, bald gewölbt; Farbe der Krone weiß, rot, blau, violett, seltener gelb; einfarbig oder gezeichnet. Häufige Ackerunkräuter: *Lamium*, Taubnessel, *L. maculatum* und *L. purpureum* rot-, *L. album* weißblühend; auf Wiesen *Salvia pratensis*, der blaublühende Salbei, *Brunella vulgaris*, die violettblühende fingerhohe Braunelle, *Glechoma hederacea*, Gundermann, mit nieren- oder herzförmigen Blättern und langen Ausläufern; *Stachys palustris* u. a., Ziest; *Galeopsis*, Hohlzahn, mit 2 hohlen zahnähnlichen

Zipfeln auf der Kronunterlippe; *Thymus serpyllum*, der stark duftende kriechende Quendel oder Thymian u. a. m.

Fig. 259. Beinwell (*Symphytum officinale*): links vierteiliges Gynaeceum.

Fig. 260. Labiatae.

Scrophulariaceae (Braunwurzgewächse). — Kräuter mit wechselständigen Blättern und aktino- oder zygomorphen, zuweilen gespornten Blüten; K 5, C 5, A 2—5, G 2 (Fig. 262); zweifächerige Kapsel; die zygomorphen Blüten mancher Gattungen gleichen den der Labiaten durch ihre

lippenähnliche Krone und ihr didynamisches Androeceum. — *Verbascum*, Königskerze, eines der stattlichsten einheimischen Kräuter, meist gelbe, schwach zygomorphe Blüten; A 5; bei manchen Arten 3 Staubgefäße wollig behaart, 2 kahl (Fig. 263). — *Digitalis purpurea*, Fingerhut, mit zygomorpher, roter Krone, deren Schlund dunkelpurpurne Flecken aufweist (Fig. 264); A 4; einseitwendige Traube (Fig. 264). — *Linaria vulgaris*, Leinkraut, gelbe gespornte Krone, A 4 (Fig. 262). — Mehrere Arten von *Veronica*, Ehrenpreis, sind weit verbreitete Ackerunkräuter; Krone blau, vierzählig, sehr hinfällig; A 2; *Gratiola*, Gnadenkraut, ebenfalls A 2. — *Euphrasia stricta*, u. a. Arten, Augentrost, weiße, gelb gefleckte, violett gestreifte, zweilippige Krone, A 4; *Melampyrum*, Wachtelweizen, K 4, meist leuchtend gefärbte Hochblätter, und *Rhinanthus* (*Alectorolophus*), Klappertopf, gelbe Krone, blasig aufgetriebener Kelch, ge-

Fig. 261. Salbei (*Salvia officinalis*): rechts der Kelch; auf seinem Grunde vier „Klausen".

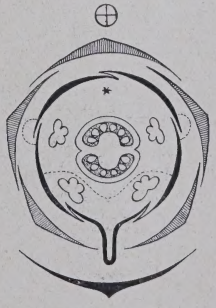


Fig. 262. Scrophulariaceae (*Linaria*): gespornte Blüte. Nach Eichler.

hören zu den Halbparasiten, deren Blätter grün und zur Photosynthese befähigt sind, und deren Wurzeln die der Nachbarpflanzen parasitisch ausbeuten.

Ihnen nahestehend *Orobanche*, Sommerwurz, ein bräunlich gefärbter, auf Leguminosen u. a. Wirten lebender Parasit, *Pinguicula*, Fett-

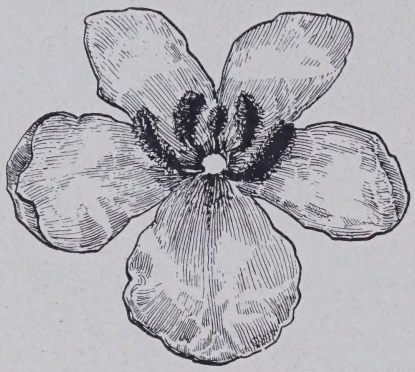


Fig. 263. Königskerze (*Verbascum*): Krone und Androeceum.

Fig. 264. Fingerhut (*Digitalis purpurea*): blühende Pflanze, links einzelne Blüte.

kraut, eine Insektivore, deren gelblichgrüne Blätter kleine Tiere festzuhalten und zu verdauen imstande sind, und von ausländischen Gattungen *Sesamum indicum*, eine ostindische Ölpflanze.

Solanaceae (Nachtschattengewächse). — Kräuter oder Sträucher mit wechselständigen Blättern und meist aktinomorphen Blüten; K 5, C 5, A 5, G 2; Staubbeutel kegelähnlich zusammenneigend. Scheidewand des Fruchtknotens schräg (Fig. 265). Beeren oder Kapseln. Hoher Alkaloidgehalt. — Wichtige Unterscheidungsmerkmale geben die Blätter, Kelche und Früchte. Folgende Gattungen haben Beeren: *Solanum tuberosum*, Kartoffel, unterbrochen gefiederte Spreiten (Fig. 39e). Blüten weiß oder bläulich, Beere grünlich, Heimat vermutlich Chile, Peru; die dort wildwachsenden Pflanzen haben kleine, ungenießbare Knollen. *S. lycopersicum* (*Lycopersicum esculentum*), Tomate (tropisches Amerika), große, rote, meridional gefurchte, wohlschmeckende Beere; Krone gelb; *S. dulcamara*, Bittersüß, einheimischer, kletternder Strauch mit blauen Blüten und länglichen, leuchtend roten Beeren; *S. nigrum*, schwarzer Nachtschatten, Ruderalpflanze mit weißen Blüten, schwarzen Beeren. — *Atropa belladonna*, Tollkirsche, in Bergwäldern weit verbreitet; hohes Kraut mit saftgrünen Blättern, glockigen, braunen Blüten (Fig. 266), schwarzen kirschrunden Beeren, unter welchen der fünfteilige Kelch erhalten bleibt. — *Lycium halimifolium* (*L. barbarum*), Bocksdorn (Teufelszwirn), ein aus Südeuropa und Nordafrika stammender, bei uns verwildert auftretender Strauch mit langen rutenartigen Zweigen, violettroten Blüten, roten länglichen Beeren. — *Physalis alkekengi*, Judenkirsche, wird wegen der dauerhaften roten Glöckchen, als welche der Kelch nach der Blüte die rote Beere umhüllt, in Gärten gern gezogen. — *Mandragora officinarum* u. a. *M.*-Arten stehen von den Zeiten des hebräischen und griechischen Altertums bis auf den heutigen Tag wegen ihrer menschenähnlichen Wurzel (Alraun, Galgenmännlein) im Ruf eines Zaubermittels. — *Capsicum annuum*, Paprika (Amerika), mit spitzen, tütenförmigen, leuchtend roten Früchten, deren Perikarp trocken, pergamentähnlich ist, sich aber nicht öffnet („trockene Beere"). — Kapseln haben folgende: *Datura stramonium*, Stechapfel, wohl aus dem Osten durch Zigeuner zu uns gebracht, auf Schuttplätzen weit verbreitet; fast kahle, buchtig gezähnte Blätter (Fig. 268); große, trichterförmige, weiße Kronen; der Kelch bricht nach dem Blühen ab bis auf einen manschettenartigen Saum, der unter der stacheligen Frucht erhalten bleibt.— *Hyoscyamus niger*, Bilsenkraut, buchtig gezähnte, drüsig behaarte, im oberen Teil des Sprosses stengelumfassende Blätter (Fig. 267); Krone schmutziggelb, violett geadert; Deckelkapsel (Fig. 68 e); Ruderalpflanze. — *Nicotiana*, Tabak (Amerika) mit trichterförmigen, rosigen (*N. tabacum*) oder stieltellerförmigen, grünlichgelben Kronen (*N. rustica*). — *Scopolia atropoides*, Tollrübe, Deckelkapsel, die vom Kelch umhüllt wird.

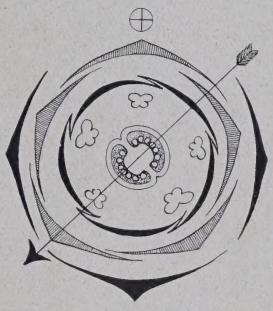


Fig. 265. Solanaceae. Mit Benutzung einer Figur von Eichler.

Plantaginaceae. — Kleine Gruppe von Kräutern mit grundständigen Rosetten und unscheinbaren, zu dichten Ähren vereinigten Blüten; K 4, C 4, A 4, G 2 (Fig. 269). — *Plantago major*, der breitblättrige, *Pl. lanceolata*, der schmalblättrige Wegebreit, weit verbreitete Unkräuter.

Lebensmittelgewerbe. — Neben den Hülsenfrüchten ist die Kartoffel das wichtigste Nahrungsmittel, das uns die Dikotyledonen liefern.

Fig. 266. Tollkirsche (*Atropa belladonna*). — Giftig.

Genießbar sind lediglich die Knollen (s. o. S. 25), die in zartwandigen Parenchymzellen neben geringen Eiweißvorräten große Mengen Stärke (ca. 21%) enthalten; über die Stärkekörner der Kartoffel vgl. Fig. 75a. N-Verbindungen (Eiweiß, Aminosäuren, ca. 2%) liegen in den äußeren Gewebelagen reich-

Fig. 267. Bilsenkraut (*Hyoscyamus niger*). — Giftig.

licher vor als in den inneren. Asche ca. 1%. Unter günstigen Verhältnissen, d. h. bei guter Zerkleinerung des Materials, gute Ausnutzung der Kartoffeln

(Verlust 15—20% Eiweiß, 2% N-Verbindungen, Hindhede); hoher Sättigungswert der Kartoffel. Über den Einfluß des Kochens auf die Stärke

Fig. 268. Stechapfel (*Datura stramonium*). — Giftig.

s. o. S. 180. Das Alkaloid Solanin, das in der ganzen Pflanze enthalten ist, findet sich in den Knollen nur spurenweise, reichlicher in den Trieben (Fig. 155) und Früchten; s. unter „Giftpflanzen". Geschälte Kartoffeln verfärben sich an der Luft (S. 124). Über süße oder erfrorene Kartoffeln s. o. S. 215. Der Wassergehalt der Knollen beträgt durchschnittlich 75%; unreife sind wasserreicher als reife. Der hohe Wassergehalt erklärt die Leichtverderblichkeit der Kartoffel, der man durch Herstellung von Kartoffelwalzmehl (schnelle Trocknung gedämpfter Kartoffeln) oder anderen Dörrprodukten begegnet. Benutzung der Kartoffel als Gemüse oder Salat, Herstellung von Mehlen, Suppen, Kartoffelsago, Kartoffeltapioka, Nährpräparaten, Kraftmehlen usw., Zusatz zum Brot (im „Kriegsbrot" 10% Kartoffelmehl oder 25% frisch gekochte Kartoffeln), Gewinnung von Stärkezucker (Traubenzucker), Stärkesirup, Stärke, Gummi (Dextrin), Verwendung zur Spiritusfabrikation, wichtiges Viehfutter; Puder, Kleister, Wäsche, Leimen des Papiers, Appretur der Gewebe. Kristallstärke heißen die kantigen Stücke, in welche die bei der Stärkeschlämmung entstandenen Platten zerbrechen,

Fig. 269. Plantaginaceae (*Plantago*); nach Eichler.

Glanzstärke enthält außer Kartoffelstärke Borax, Walrat, Stearinsäure u. a., das Waschblau besteht aus Kartoffel- und Weizenstärke nebst Ultramarin, Smalte oder ähnlichem; Poudre de riz und ähnliche kosmetische Mittel bestehen vorzugsweise aus Kartoffel- und Weizenstärke. Verfälschung vieler Nahrungs- und Genußmittel (Pulver aller Art, Preßhefe usw.) mit Kartoffelmehl.

Von der Tomate werden die (meist gelbroten) saftreichen Früchte genossen. Besonders in Südeuropa reichlich angebaut; 1 % N-Verbindungen, 93 % Wasser.

Die gelben, weißen oder violetten Beeren der Eierpflanze (*Solanum melongena*, Aubergine, medit.) spielen für Deutschland nur die Rolle einer seltenen Delikatesse. Die roten Beeren von *Physalis Alkekengi* und *Ph. peruvianum* sind eßbar.

Stachys tuberifera (*St. Sieboldi*, Knollenziest, Ostasien) entwickelt aus den Spitzen unterirdischer Triebe rübenähnliche, aus kurzen, dicken Internodien zusammengesetzte, 4—10 cm lange Knöllchen (17 % Galaktan u. a. Kohlehydrate, 3 % N-Verbindungen, 78 % Wasser); werden namentlich in Frankreich (nach dem Anbauort „Crosnes" genannt) kultiviert. Als einheimischer, wildwachsender Ersatz wird *St. palustris*, Sumpfziest, genannt.

Die Bataten sind Wurzelknollen, die durch ihren Stärkereichtum den Kartoffeln ähnlich werden (sog. süße Kartoffeln); in den Tropen spielen sie eine große, in Deutschland wegen ihrer Abhängigkeit von Mistbeetkultur eine geringe Rolle.

Blattgemüse liefern einige Labiaten und Boraginazeen. Als schmackhaftes Wildgemüse kommt das Kraut (samt Blüten) der *Lamium*-Arten, der Braunelle und Betonie (*Betonica officinalis*) in Betracht. Der Gundermann ist trotz seinem scharfen Geschmack als Gemüsezutat und Suppenwürze brauchbar. Aus der Familie der Boraginazeen ist der Boretsch wegen seines Gurkengeschmacks besonders geschätzt. Von Lungenkraut und Beinwell sind die jungen Triebspitzen verwertbar; gelegentlich ist auch der Komfrey (*Symphytum asperrimum*), eine aus dem Kaukasus stammende Futterpflanze, empfohlen worden.

Öl liefern die Oliven (*Olea europaea*, Perikarp und Samen, s. o. S. 194); die Früchte werden roh oder in Essig oder NaCl eingemacht oder in getrocknetem Zustand genossen. Das für Speisezwecke geeignete Öl wird aus dem Exokarp durch kalte (Jungfernöl) oder warme Pressung (Baumöl) gewonnen. Mit dem Reifezustand der verwendeten Oliven wechselt die Farbe des Öls; unreife liefern grünliches, überreife fast farbloses Öl. Anbau in Südfrankreich („Provencer Öl") und den andern Mittelmeerländern, ferner in Kalifornien, Chile, Australien. Das Öl der Olivenkerne dient vorzugsweise technischen Zwecken. — Sesamöl, aus den Samen des *Sesamum indicum*, ist dem Olivenöl gleichwertig und wird ebenso verwendet wie dieses, auch zum Verschnitt des Olivenöls und als gesetzlich vorgeschriebener Zusatz zu Kunstbutter (S. 193).

Gewürze. — Die Früchte des Paprikas (Paprikaschoten, spanischer, türkischer, indischer, brasilianischer Pfeffer) enthalten einen scharf schmeckenden Stoff (Kapsaizin), der nur in eigenartigen Drüsen der Fruchtscheidewände entsteht, von hier sich allerdings auch den andern Teilen der Frucht und den Samen mitteilt. Besonders scharf schmeckende Ware sind die in England und Amerika geschätzten „Chillies" (Cayennepfeffer, Curree powder), die von *C. fastigiatum*, *C. baccatum* u. a. gewonnen werden. Be-

sonders milde ist der Geschmack des *C. tetragonum*, dessen Früchte als Gemüse verzehrt werden können. Rosenpaprika heißt eine mildschmeckende Ware, in die keine drüsenhaltigen Teile beigemischt sind. Kirschen- und Beerenpfeffer stammt von Varietäten mit kugligen Früchten. Paprika wird mit Beimengungen verschiedenster Art verfälscht; man erkennt den echten mikroskopisch am leichtesten an den dickwandigen, wellig umrissenen Epidermiszellen der Samenschalen (Gekrösezellen).

Die Labiaten als eine an aromatischen Arten besonders reiche Familie liefern viele Gewürze und Duftstoffe. Kräutergewürze sind der Majoran (*Origanum majorana*, Mairan, Gartendost, Nordafrika), der Saturei (*Satureja hortensis*, Bohnenkraut, Pfefferkraut, Südeuropa), der Thymian (*Thymus vulgaris*, Südeuropa, und der einheimische *Th. serpyllum*) und das Basilicum (*Ocimum basilicum*, Basilienkraut, Ostindien). Die Minzen — schon von Karl d. Gr. als Gewürzpflanzen zum Anbau empfohlen — liefern Kräutergewürz, Tee, Menthol (s. o. S. 198), namentlich *Mentha piperita*, die Pfefferminze, *M. crispa*, die Krauseminze, und *M. pulegium* (= *Pulegium*), die auch angebaut werden.

Der Boretsch wird zu Kartoffelsalat u. a. als Gewürz gegeben (s. o.). — Enzianbranntwein wird durch Gärung aus den zuckerhaltigen Wurzeln von *Gentiana lutea*, *G. pannonica* u. a. gewonnen.

Tabak stammt von zwei schmalblättrigen Arten (*Nicotiana tabacum*, Virginischer Tabak, und *N. macrophylla*, Marylandtabak) und der rundblättrigen *N. rustica*. Die Blätter werden nach der Ernte aufgereiht und zum Trocknen aufgehängt, hiernach haufenweise aufeinander geworfen; ein spontan eintretender Fermentierungsprozeß, der durch die in den Blättern enthaltenen Fermente oder durch Mikroorganismen veranlaßt wird, gibt ihnen die tabakbraune Farbe und das charakteristische Aroma, die Blätter sind hiernach fertig, um — nach Befeuchtung, Entrippung, Rollung und Zerkleinerung — zu Zigarren, Zigaretten oder Schnittabak verarbeitet zu werden. Manche Tabake machen ein Saucierungsverfahren durch (Behandlung mit würzigen Pflanzenextrakten oder nikotinreichen Tabakdekokten), durch das sich ihnen wechselndes Aroma mitteilen läßt. Ähnliche „Saucen" werden bei Herstellung des Kau- und Schnupftabaks angewandt. Nach Art und Spielart des Tabaks und der ihm zuteil gewordenen Behandlung schwankt der Alkaloidgehalt (Nikotin u. a. s. o. S. 200) zwischen 0—5% und erreicht noch höhere Werte. Die Züchter versuchen eine alkaloidfreie Form des Tabaks zu erzielen. Tabakblätter sind sehr aschereich (S. 180); 29% der Asche sind K_2O, 36% CaO, 7,4% MgO ; der hohe K-Gehalt unterstützt das Brennen des Tabaks. — Als Ersatz- und Streckungsmittel sind die Blätter zahlreicher Pflanzen erprobt worden, die sich z. T. durch aromatische Stoffe empfehlen (Enzian, Waldmeister, viele Labiaten und Kompositen), z. T. durch Alkaloidgehalt dem echten Tabak ähnlich (*Cytisus*, s. o. S. 357) oder sogar bedenklich werden (*Solanum tuberosum*, s. u.), z. T. harmlose Rauchbildner sind (*Prunus*, *Quercus*, *Fagus*, *Tilia*, *Salix*, *Aesculus*, *Plantago* u. v. a.).

Drogen. — Auch arzneilich ist die Familie der Nachtschattengewächse die wichtigste der hier genannten. Ihre offizinellen Vertreter stimmen chemisch und toxikologisch weitgehend miteinander überein. *Atropa belladonna* enthält Atropin und das ihm isomere Hyoszyamin; ersteres als schwefelsaures Salz offizinell. Von den Blättern („*Folia belladonnae*") werden Extrakt und Tinktur, ähnliche aus dem frischen blühenden Kraut und der Wurzel

hergestellt; vielseitige Verwendung in der Ophthalmologie, Narcoticum, Antispasmodicum, Asthmamittel usw. Von *Hyoscyamus niger* sind „*Herba Hyoscyami*" und „*Folia H.*" offizinell; enthalten Hyoszyamin und Hyoszin (letzteres identisch mit Skopolamin) und liefert ähnliche Präparate wie *Atropa*; „*Oleum Hyoscyami*" wird durch Erhitzen von Olivenöl mit Bilsenkraut gewonnen. *Scopolia atropoides* (= *Sc. carniolica*), *Sc. japonica* u. a. *Sc.*-Arten liefern mit den Wurzeln Skopolamin, das vorzugsweise als bromwasserstoffsaures Salz verwendet wird; bei Letten und Litauern als Aphrodisiacum und Abortivum vielfach heimlich kultiviert. Das in *Datura* enthaltene Daturin („*Folia stramonii*") ist mit Hyoszyamin identisch; Asthmamittel, das auch als Zusatz zum Rauchtabak verabfolgt wird. Gering ist die arzneiliche Bedeutung der Tabakblätter („*Folia nicotianae*", Tabakswasser im Rademacherschen Arzneimittelschatz und in der Volksmedizin), volkstümlich dienen die Früchte von *Physalis* als Diureticum. Geringe arzneiliche Bedeutung haben die „*Fructus capsici*" (von *Capsicum annuum*, Stimulans, Rubefaciens); die Bittersüßstengel („*Stipites Dulcamarae*" von *Solanum Dulcamara*) sind nur noch in Homöotherapie und Volksmedizin gebräuchlich (Tee gegen Hautaffektionen, Bronchitis usw.). —

Eine der wichtigsten einheimischen Arzneipflanzen liefern die Braunwurzgewächse mit dem Fingerhut (*Digitalis purpurea*). Die stark behaarten (Fig. 98) Blätter („*Folia Digitalis*") enthalten neben dem in Wasser nicht löslichen Digitoxin mehrere als Herztonica wertvolle Glykoside, Digitalein und Gitalin (Verodigen); die Samen enthalten außerdem Digitalin. Da die Stoffe in der wasserhaltigen Droge sich zersetzen, ist schnelle Trocknung notwendig. „*Folia Digitalis titrata*" (Caesar und Loretz) sind solche, deren Wirksamkeit am Froschherzen ermittelt worden ist. Digalen ist eine wässerige Lösung verschiedener *Digitalis*-Glykoside, Digipuratum (= „*Extr. Digitalis depur.*") enthält sie als Gerbsäureverbindungen.

Nahezu entbehrlich geworden sind die Wollblumen oder „*Flores verbasci*" (von *V. thapsiforme* und *V. phlomoides*); Mucilaginosum, Bestandteil der „*Species pectorales*". Volksmedizin und Homöopathie verwerten noch zahlreiche andere Arten derselben Familie wie *Euphrasia*, *Linaria*, *Veronica*, *Gratiola officinalis* u. a. — Die *Plantago*-Arten spielen in der Volksmedizin (Abkochungen gegen Leiden aller Art) eine große Rolle. —

Aus der Familie der Labiaten fordert das Arzneibuch die „*Folia melissae*" (von *Melissa officinalis*), „*F. salviae*" (von *Salvia officinalis*, medit.), „*F. menthae piperitae*" (von *Mentha piperita*), „*F. Rosmarini*" (von *Rosmarinus officinalis*), „*Herba thymi*" (von *Th. vulgaris*) und „*H. serpylli*" (von *Th. serpyllum*). Das Wirksame sind die von den Drüsenhaaren gelieferten Stoffe: Carminativa, Aromatica, Verwendung in der Parfümerie. Die „*Species aromaticae*" (vgl. S. 198) bestehen aus Labiaten, Gewürznelken und Kubeben. Die „*Flores lavandulae*" der mediterranen *Lavandula officinalis* dienen als Räucher-, als Mottenbekämpfungsmittel u. a. Hierzu kommen noch einige in der Volksmedizin gebräuchliche Arten, wie *Lamium album* („*Flores lamii albi*", Haemostaticum), *Leonurus lanatus* (Wolfstrappkraut, „*Herba ballotae lanatae*", Antirheumaticum), *Ballota nigra*, *Betonica officinalis*, *Glechoma hederaecea* und mehrere der oben als Gewürze genannten Arten („*Herba majoranae*", „*H. origani*", „*H. origani cretici*", letztere von dem mediteranen *O. creticum* oder spanischen Hopfen, Stomachica, Antiscrophulosa, Kräuterbäder usw.). *Galeopsis ochroleuca* („*Herba galeopsidis*"), eine SiO_2-reiche, bei uns weit verbreitete Pflanze, kam früher als Blanken-

heimer Tee (Liebersche Auszehrungskräuter) für Schwindsüchtige in den Handel. —

Die einheimische Enzianart *Gentiana lutea* liefert die „*Radix gentianae*", desgleichen *G. pannonica*, *G. purpurea*, *G. punctata*. Gehalt an Gentisin und Zuckern (s. o.); Laxans, Tonicum. Sog. weißer Enzian stammt von *Laserpitium*, einer Umbellifere. Von *Gentiana cruciata* sind Kraut und Wurzel volkstümlich dort gebräuchlich, wo jene Arten fehlen. Die getrockneten Enzianwurzeln haben ein starkes Quellungsvermögen. — *Erythraea centaurium* liefert hauptsächlich der volkstümlichen Therapie die „*Herba centaurii*" (Tausendgüldenkraut). Die Blätter von *Menyanthes trifoliata* („*Folia trifolii fibrini*") dienen als Tonicum amarum.

Vinca minor („*Herba vincae pervincae*") liefert volkstümlichen Blutreinigungstee; *Cynanchum vincetoxicum* („*Radix hirundinariae*", Schwalbenwurz) ist aus dem Arzneischatz ganz gestrichen, ebenso die abführend wirkenden, dicken Wurzeln der einheimischen Winden (*Convolvulus arvensis*, *C. sepium*). —

Von ausländischen Drogen sind folgende die wichtigsten. „*Manna*" entquillt den Stämmen der Mannaesche (*Fraxinus ornus*), namentlich der in Sizilien kultivierten *var. rotundifolia* infolge Insektenstich und namentlich nach Einschnitten in die Rinde; gute Manna, z. B. die stengel- oder rinnenförmige „*M. cannellata*" besteht (bis 80%) aus Mannit; Purgans, Geschmackscorrigens. Die Manna des Alten Testaments ist vermutlich auf die Mannaflechte, *Lecanora esculenta*, zurückzuführen; am Sinai gelten heute die zuckerreichen Ausschwitzungen, die der Tamariske (*Tamarix gallica*) nach dem Stich einer Schildlaus entträufeln, als biblisches Manna. Ähnliche süße Produkte entstehen auch an einigen andern Pflanzen und hatten gelegentlich arzneiliche Bedeutung.

Arzneiliche Verwendung des Olivenöls („*Oleum olivarum*") für Einreibungen, Klysmen, als Lösungsmittel für Medikamente u. a.

Strychnos nux vomica liefern die Brechnüsse (Krähenaugen, „*Semen strychni*"), die ca. 2,5% Alkaloide (Bruzin, Strychnin) enthalten; Strychnin in salpetersaurer Form äußerlich und innerlich zu den verschiedensten Zwecken arzneilich angewandt, starke tetanisierende Wirkung; Bruzin wirkt ähnlich, aber schwächer. Die „*Fabae St. Ignatii*" sind die Samen des *Strychnus sancti Ignatii* (Philippinen); dieselben Wirkungen. Verwendung der *Str.*-Arten zu Pfeilgiften. Wie diese zu den Loganiazeen gehört *Gelsemium sempervirens*; die „*Radix Gelsemii*" (gelbe Jasminwurzel, Nordamerika) enthält das Alkaloid Gelseminin; Antineuralgicum, Sedativum.

Strophantus Kombe (Zambesi), *Str. hispidus* und andere *Str.*-Arten (Oberguinea) dienen als Pfeilgifte. Die Samen der erstgenannten sind offizinell („*Semen strophanti*"); sie sind schlank spindelförmig und tragen einen langgestielten federartigen Haarschopf, der aber der Handelsware schon genommen ist. Bis 8% Strophantin (Glykosid), Herztonicum, von *Digitalis*-ähnlicher Wirkung. *Aspidosperma Quebracho* liefert die Quebracho-Rinde („*Cortex Qu.*"), reich an Gerbstoff und Alkaloiden, Asthmamittel.

Von einer Asklepiadazee (*Gomphocarpus*? Afrika) stammt die neuerdings oft gebrauchte Uzara-Rinde; Adstringens.

„*Cortex condurango*" (von *Marsdenia condurango*) enthält ein Glykosid Kondurangin, Mittel gegen Magenleiden; Herstellung des „*Vinum condurango*".

Die „*Tubera jalapae*" sind weiche rübenartige Wurzeln des *Exogonium*

purga, die bis 23% „*Resina jalapae*“ enthalten. In diesem das Glykosid Konvolvulin; Purgativum. Dieselbe Wirkung hat das „*Scammonium*“ aus der „*Radix scammonii*“ (*Convolvulus scammonia*, Kleinasien).

Rohstoffe. — Wie viele Morazeen und Euphorbiazeen liefern auch milchreiche Apozynazeen Kautschuk: *Willoughbeia*-Arten in Borneo, *Kickxia elastica* und *Landolphia*-Arten im Kongo, *Tabernaemontana stenosiphon* in Mittelamerika, *Hancornia speciosa* in Brasilien u. a.

Alkanna tinctoria (= *Anchusa tinct.*, Färberochsenzunge, Südeuropa) enthält in der Wurzel einen roten Farbstoff (Alkannin), der als Fettfärber in Industrie und mikroskopischer Technik benutzt wird.

Über technische Verwendung der Kartoffelstärke s. o., über Oliven- und andere fetten Öle S. 194.

Giftpflanzen. — Die gefährlichsten Giftpflanzen finden sich unter den Solanazeen: *Atropa*, *Hyoscyamus*, *Datura* und *Scopolia* enthalten Alkaloide der Atropingruppe (s. o. S. 200).

Das Alkaloid Solanin, das in der Kartoffelpflanze gefunden wird, ist in gesunden Knollen im Dezember und Januar zu 0,04‰, im März 0,14‰, zuweilen in erheblich größeren, giftig wirkenden Mengen (0,26—0,43 ‰) nachweisbar. Verhältnismäßig reich an Solanin sind die Gewebelagen unter der Schale und die rings um die Keime gelegenen Partien — also diejenigen Teile, die in der Küche entfernt zu werden pflegen. Massenvergiftungen, die nach Kartoffelgenuß zuweilen beobachtet worden sind, gehen wahrscheinlich auf Solanin oder andere in den Knollen entwickelte Gifte zurück. — *Solanum nigrum* und *S. dulcamara* sind giftig.

Gratiola officinalis enthält giftige Glykoside.

Zahlreiche Asklepiadazeen enthalten das giftige Asklepiadin. Von der einheimischen Flora kommt nur der Hundswürger (*Vincetoxicum* = Giftbesieger) in Betracht. Sinngrün und namentlich der Oleander (Blätter und Rinde) enthalten giftige Alkaloide.

Ligusterbeeren können schwere Magendarmentzündung hervorrufen.

3. Tetracyclicae epigynae.

Die Blüten enthalten nur einen Staubblattkreis. Der Fruchtknoten ist stets unterständig.

Alle wichtigeren Familien sind auch in der einheimischen Flora vertreten.

Cucurbitaceae. — Rankende Kräuter (Fig. 42 b), dikline Blüten; K 5, C 5, A 5, G 3 (Fig. 270). Verwachsungen der Staubgefäße. Beeren. — *Bryonia dioica* und *Br. alba*, Zaunrübe, an Hecken rankende, kleinblütige Unkräuter. — *Cucumis sativa*, Gurke; *C. melo*, Melone; *Cucurbita pepo*, Kürbis, letzterer mit verzweigten Ranken. — *Citrullus colocynthis*, Koloquinte, Wüstenpflanze Asiens und Afrikas.

Ihnen nahestehend: *Lobelia inflata*, Nordamerika.

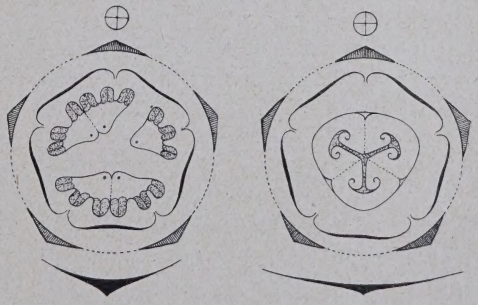


Fig. 270. Cucurbitaceae: links männliche, rechts weibliche Blüte. Nach Eichler.

Rubiaceae. — Kräuter und Bäume mit gegenständigen Blättern; Nebenblätter vorhanden.

Blüten aktinomorph, vier- oder fünfzählig, G 2. — *Cinchona*, Chinarindenbaum, Südamerika. Nebenblätter hinfällig; Blüten in Rispen; Kapseln enthalten zahlreiche mit Flughaut ausgestattete Samen. — *Coffea arabica* und *C. liberica*, Kaffee (trop. Asien, Afrika), Blüten weiß in achselständigen Büscheln, rote zweisamige Steinfrüchte. — *Uragoga ipecacuanha* (Brasilien). — *UruparíaGambir* (malayischer Archipel). — Die einheimischen Gattungen sind durch bleibende, laubblattartig entwickelte Nebenblätter gekennzeichnet (Fig. 271), welche wirtelige Blattstellung vortäuschen. *Galium*, Labkraut, mit dem gelbblühenden *G. verum* und zahlreichen weißblühenden Arten; Blüten klein, in dichten Rispen, radförmig; *G. aparine* fällt durch seine mit Widerhaken besetzten Spaltfrüchtchen auf, die klettenähnlich an der Kleidung hängen bleiben. *Asperula odorata*, Waldmeister, mit trichterförmiger Krone.

Fig. 271. Labkraut (*Galium verum*).

Caprifoliaceae. — Sträucher mit gegenständigen Blättern; Nebenblätter fehlen. — Blüten fünfzählig, aktino- oder zygomorph, G 3; Beeren, Steinfrüchte. — *Sambucus nigra*, schwarzer Holunder, aktinomorphe radförmige Blüten (Fig. 61 a) und schwarze, beerenähnliche Steinfrüchte; *S. racemosa*, Bergholunder (Träubel) mit roten Früchten; *S. ebulus*, Attich (Zwergholunder), stattliches Kraut, schwarze Früchte. — *Viburnum*, Schneeball, kleine glockenförmige Blüten in dichten Infloreszenzen. — *Lonicera*, Geißblatt, zygomorphe, röhrige Blüten, Beeren, windende oder aufrechte Stengel; *L. caprifolium*, Blätter der blühenden Sprosse paarweise verwachsen (Fig. 272), Blüten bzw. Früchte kopfförmig gehäuft. — *Symphoricarpus racemosus*, Schneebeere (Nordamerika), Zierstrauch mit eiförmigen, schneeweißen Beeren.

Valerianaceae (Baldriangewächse). — K 5, C 5, A 3, G 3; asymmetrische Blüten (Fig. 63, 273); der Kelch wächst nach der Blüte zu einer Federkrone (Pappus) aus. — *Valeriana officinalis*, Baldrian, gefiederte Blätter, Krone mit kropfartigem Sporn, Blüten in Rispen. — *Valerianella*, Rapunzel, niedriges, gabelästiges Kraut mit kleiner, spornloser Krone.

Compositae (Korbblütler). — Fast durchweg Kräuter von wechselndem Habitus. Blätter wechsel- oder gegenständig. Nebenblätter fehlen. K 5, C 5, A 5, G 2 (Fig. 274); Blüten auf verbreiterten Achsen (Fig. 65 b, c), manchmal zu Hunderten in kopf- oder knopfähnlichen Infloreszenzen („Köpfen") vereinigt, die ihrerseits dolden- oder rispenartige Stände bilden (Fig. 282). Die Köpfe mit einer gemeinsamen Hülle („Hüllblätter"); die einzelnen Blüten mit lebhaft

gefärbter, wechselnd gestalteter Krone: aktinomorph und röhrenförmig (Röhrenblüten) oder band- und zungenförmig und zygomorph (Zungenblüten) (Fig. 275). Der Kelch fehlt ganz oder ist (vgl. Valerianaceae) als Haarkrone entwickelt, die namentlich nach der Blütezeit zu stattlicher Größe heranwächst (Pappus, Fig. 281); seine Haare sind einfach oder gefiedert (Fig. 279). Die Staubbeutel zu einer Röhre verwachsen (Fig. 122), Filamente frei. Bei *Centaurea* und andern Zynareen Variationsbewegungen der

Fig. 272. Geißblatt (*Lonicera caprifolium*).

Filamente (Fig. 122). Frucht eine einsamige Schließfrucht. Neben zwitterigen Blüten erscheinen in dem Kopf der meisten Kompositen auch rein weibliche, seltener „taube“ oder völlig geschlechtslose und unfruchtbare. Auf dem Blütenboden mancher Arten stehen zwischen den Blüten schmale „Spreublättchen“ (Fig. 278); im allgemeinen ist der Blütenboden blattlos. — Die Unterschiede der in einem Köpfchen vereinigten Blüten hinsichtlich Form und Farbe der Krone und Ausbildung der Geschlechtsorgane lassen deutliche Beziehungen zur Stellung der Blüten erkennen: die am Rand des verbreiterten Blütenbodens stehenden Blüten (Randblüten) sind fast immer

anders organisiert als die in der Mitte stehenden (Scheibenblüten); im einfachsten Fall sprechen sich diese Unterschiede in der Größe der Blüten

Fig. 273. Valerianaceae (*Valeriana*); nach Eichler.

Fig. 274. Compositae. Mit Benutzung einer Figur v. Eichler.

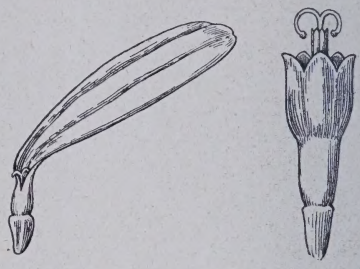


Fig. 275. Einzelblüten eines kompositen Köpfchens: links Zungen-, rechts Röhrenblüte. Unterständiger Fruchtknoten; zwei Narben.

(Fig. 276), am auffallendsten dann aus, wenn die Randblüten zungenförmig, die Scheibenblüten röhrenförmig sind (Fig. 277) — Gehalt an Inulin (S. 189); viele Kompositen haben gegliederte Milchröhren oder Harzgänge.

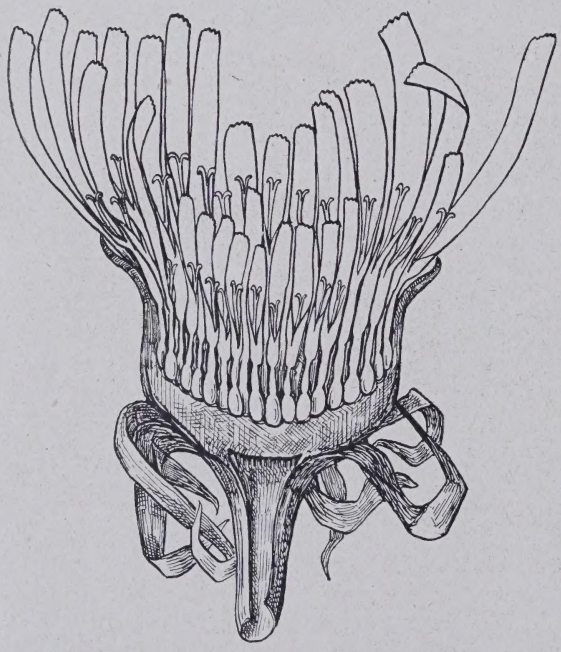
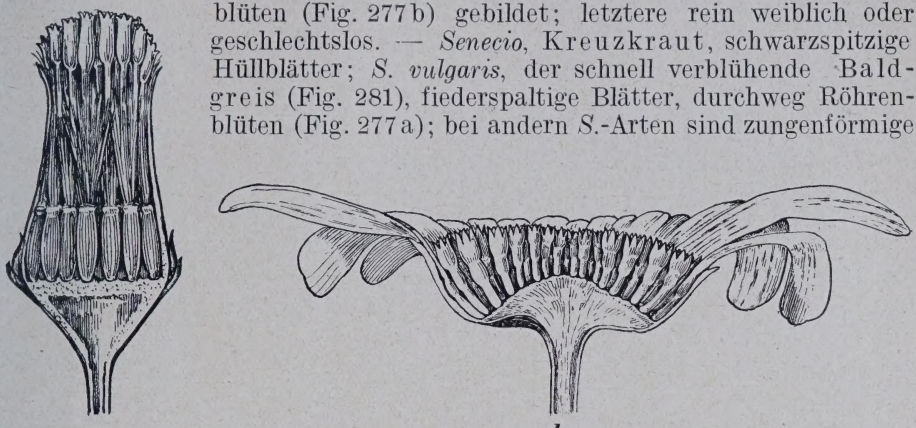


Fig. 276. Liguliflore Komposite: halbierter Blütenstand von *Taraxacum*, die Hüllblätter teils aufwärts gerichtet, teils nach unten geschlagen.

Liguliflorae. — Sämtliche Blüten eines Köpfchens sind zungenförmig, die randständigen meist größer als die mittleren (Fig. 276); Milchsaft. — *Taraxacum officinale*, Löwenzahn (Fig. 276), mit grundständiger Rosette, schrotsägezähnigen Blättern (Fig. 40 e); Blütenköpfe auf hohlem blattlosem Schaft („Pfaffenröhrlein", „Kettenblume"); die Pappushaarkronen durch Streckungswachstum des obersten Fruchtabschnittes gestielt, bilden zusammen einen lockeren Federkopf („Pusteblume"). — *Cichorium intybus*, Zichorie (Wegwarte), Krone hellblau, Pappus fehlt. — *Tragopogon pratensis*, Wiesenbocksbart, stattliche Pflanze, beblätterte Blütensprosse, Frucht geschnäbelt (Fig. 279), mit starkem Pappus. — *Lactuca sativa*, Lattich (Salat), Köpfchen armblütig (5—10) in rispenähnlichen Ständen, Pappus gestielt; *L. virosa*, Giftlattich (Fig. 280) mit scharfgezähnten Blättern. — *Scorzonera hispanica*, Schwarzwurz, angebaut und verwildert.

Tubuliflorae. — Köpfchen durchweg aus röhrenförmigen Blüten (Fig. 277a) oder aus röhrenförmigen Scheiben- und zungenförmigen Randblüten (Fig. 277b) gebildet; letztere rein weiblich oder geschlechtslos. — *Senecio*, Kreuzkraut, schwarzspitzige Hüllblätter; *S. vulgaris*, der schnell verblühende Baldgreis (Fig. 281), fiederspaltige Blätter, durchweg Röhrenblüten (Fig. 277a); bei andern *S.*-Arten sind zungenförmige



a *b*

Fig. 277. Tubuliflore Komposite: *a*) Köpfchen mit Röhrenblüten (*Senecio vulgaris*), der Pappus ist bereits sichtbar, *b*) Köpfchen mit Röhren- u. Zungenblüten (*Calendula*), ohne Pappus.

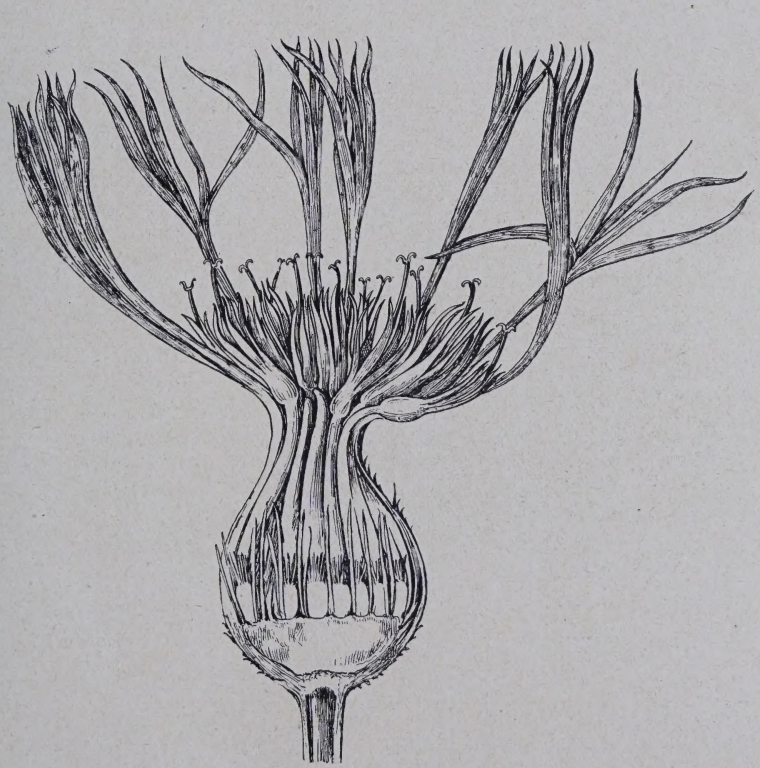


Fig. 278. Tubuliflore Komposite: wandständige und scheibenständige Blüten röhrenförmig, aber in Form und Größe und Ausstattung mit Geschlechtsorganen unterschieden. Zwischen den Blüten stehen Spreublätter (*Centaurea*).

Randblüten vorhanden (*S. Jacobaea* u. a.). Ausschließlich Röhrenblüten bei dem stark duftenden *Tanacetum vulgare*, Rainfahn (Fig. 282), bei allen distel- oder klettenähnlichen Kompositen wie *Carduus*, *Cirsium*, *Carlina*, *Onopordon*, *Silybum*, *Lappa*, der Klette, *Cynara*, der Artischoke, *Artemisia*, dem

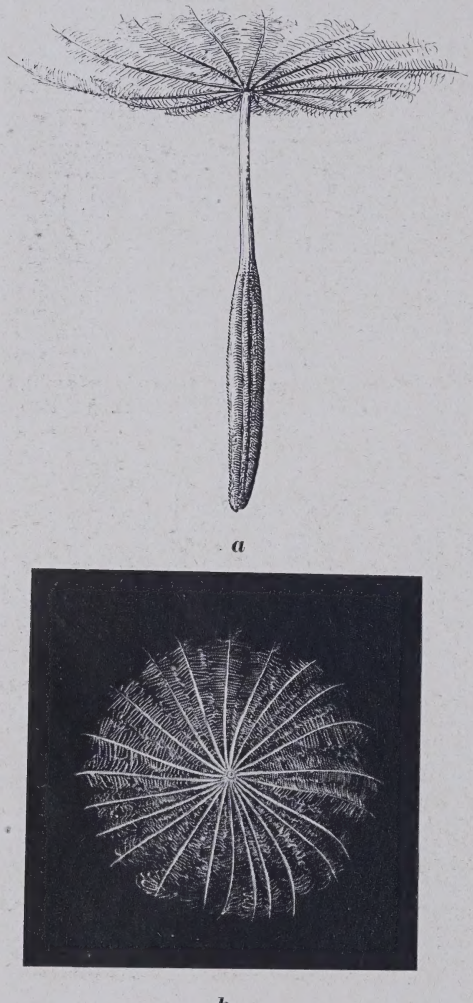


Fig. 279. Frucht einer Komposite: *a*) Schließfrucht von *Tragopogon pratensis*, gestielter Pappus; *b*) Pappus von oben; gefiederte Pappushaare.

Fig. 280. Giftlattich (*Lactuca virosa*).

Beifuß, und *Centaurea*, der Flockenblume; bei letzterer sind die randständigen Röhrenblüten besonders groß und geschlechtslos (*C. cyanus*, Kornblume, Zyane u. a., Fig. 278). — Kombination von röhrenförmigen Scheiben- und zungenförmigen Randblüten bei folgenden: *Arnica montana*, Wohlverleih (Arnika), große orangefarbene, einzeln oder zu drei stehende Infloreszenzen. — *Tussilago farfara*, Huflattich, mit goldgelben, im Früh-

jahr noch vor den herz- oder hufeisenförmigen Blättern erscheinenden Blüten, die von beschuppten Schäften getragen werden; an lehmigen Straßenrändern und Dämmen weit verbreitet. — *Bellis perennis*, Gänseblümchen, Rosetten spatelförmiger Blätter, Randblüten weiß, Scheibenblüten gelb. — Dieselbe Farbenmischung bei *Matricaria chamomilla*, der stark duftenden echten Kamille, mit hohlem, kugelförmigem Blütenboden; *M. inodora*, geruchlose K., mit halbkugeligem, gewebeerfülltem Blütenboden. — *Galinsoga parviflora*, Franzosenkraut, aus Südamerika, bei uns verwildert, ästiger Stengel, kleine Köpfchen mit weißen Randblüten. — *Achillea millefolium*, Schafgarbe, und andere *A.*-Arten, doppelt und dreifach gefiederte Blätter, weiße Randblüten, trugdoldenartige Köpfchenstände. — *Helianthus annuus*, Sonnenrose (Sonnenblume, Nordamerika), mit goldgelben, polsterförmigen, pfundschweren Blütenständen; geschlechtlose Randblüten, ansehnlich große Schließfrüchte ohne Pappus; bis 4 m hohes einjähriges Kraut; *H. tuberosus*, Topinambur, kleinere Blütenstände. — In Gärten die varietätenreiche *Dahlia variabilis*, Georgine (Mexiko), und *Chrysanthemum indicum* (Japan, China). — Als gefüllte Kompositen werden diejenigen bezeichnet, deren Röhrenblüten mehr oder minder vollständig in Zungenblüten umgewandelt sind (*Bellis*, *Chrysanthemum* u.a.).

Fig. 281. Kreuzkraut (*Senecio vulgaris*).

Lebensmittelgewerbe. — Das Obst, das uns Kürbis, Melone und Gurke liefern, gehört zu den wasserreichsten eßbaren Vegetabilien (85—95%); Zucker nur 2—4%, N-Verbindungen ca. 1%. Der hohe Wassergehalt macht die Früchte leicht verderblich; Konservierung in Zucker oder Essig. Die Samen des Kürbis werden getrocknet und wegen ihres angenehmen Geschmacks und des Ölreichtums wegen (Embryogewebe, 20—30%) genossen.

Schmackhaftes, nährstoffreiches Beerenobst liefert der Holunder; Verarbeitung zu Marmeladen und stark färbenden Fruchtsäften. Die roten

Früchte der *S. racemosa* sind im Geschmack weniger zusagend; es wird empfohlen, die Kerne vor dem Kochen von dem Saft zu trennen. Vor dem Öl der Samen wird gewarnt.

Eine an Gemüsepflanzen reiche Familie sind die Kompositen. Wurzeln liefert *Scorzonera hispanica*; 80% Wasser, 1% Eiweiß, 15% N-freie Verbindungen, außerdem 2 % Rohfaser. Auch die Wurzeln der deutschen *Tragopogon*-Arten und des südlichen *Tr. porrifolius* sind eßbar. Von *Helianthus tuberosus* werden die kartoffelknollenähnlich verdickten unterirdischen Sprosse verzehrt (Erdartischocke, Erdschocke), als „Helianthi" die ähnlichen, aber schlankeren Knollen des *H. macrophyllus*; beide reich an Kohlehydraten (Zucker, Inulin 14—19%); 71—84% Wasser, 1—3% N-Verbindungen, wenig Fett und Rohfaser, 0,8—2,5% Asche. — Von Blattgemüsen sind Lattich, Endivie und Zichorie als wichtige Salatpflanzen zu nennen; der Lattich, meist als Kopfsalat in zahlreichen Varietäten gezogen, enthält 94% Wasser, 2% N-Verbindungen, wenig Fett und Zucker, nur 1% Rohfaser; die Blätter der Endivie (*Cichorium endivia*, Ostindien?) unterscheiden sich durch buchtig gezähnten Rand von denen des Lattichs; zumeist wird eine mit krausen Blättern ausgestattete Varietät (*C. crispum*) kultiviert. Die Zichorie (*C. intybus*) wird in etiolierter Form (s. o. S. 214) als chicorée (Witloof, Kapuzinerbart) gezogen und als Salat verzehrt. — Ein wichtiges Wildgemüse ist *Taraxacum officinale* (pisse-en-lit der französischen Speisekarte), dessen Blätter im Frühjahr vor dem Blühen, an schattigen Standorten auch noch im Sommer wertvoll sind; Salat, Gemüsegericht; in Westeuropa, Lothringen, Österreich u. a. Anbau und künstliches Etiolement (sog. Milchbuschsalat). Wie *Taraxacum* liefert auch *Senecio vulgaris* ein sehr chlorophyllreiches Gemüse; auch *Achillea ptarmica*, die Bertramsschafgarbe, *Tussilago farfara* und *Galinsoga parviflora* sind als Gemüse zu verwerten. — *Valerianella olitoria*, der Feldsalat (Rapunzel), wächst auf unseren Äckern wild und wird in einer zartblättrigen Form als Frühjahrssalat angebaut. — Die mediterrane Artischoke ist eines der wenigen Blütengemüse; als

Fig. 282. Rainfahn (*Tanacetum vulgare*).

wohlschmeckendste Teile gelten die Blütenböden vor Entfaltung der Blüten; auch die sehr fleischigen Hüllblätter werden genossen. Als einheimischen Ersatz hat man im Kriege die bei uns wildwachsenden Distelarten (*Carduus*, *Cirsium*, *Onopordon*) empfohlen, deren Blütenköpfe ein artischokenähnlich schmeckendes Gericht abgeben. Auch ihre jungen Blätter und ihre Wurzeln sind eßbar.

Öl. — *Helianthus annuus* wird in Ungarn, Rußland, Rumänien usw. als Ölfrucht angebaut (22—37% Öl). Die Versuche, Deutschlands Ölvorrat durch Anbau der Pflanze im großen zu steigern, sind fehlgeschlagen.

Genußmittel. — Der Kaffee gewinnt seine Bedeutung durch das in seinem Samen enthaltene Koffeïn und dessen Wirkung auf das Nervensystem. Als Kaffeebohnen kommen die halbkugeligen längsgefurchten Samen von *Coffea arabica* (Heimat Ostafrika), der großfrüchtigen, widerstandsfähigen *C. liberica* (Westafrika) und der besonders reich tragenden *C. robusta* (Kongo) in den Handel; Kultur überall in den Tropen. Die Samen werden nach der Reife von dem Fruchtfleisch befreit und machen dann — zu Haufen geschichtet — einen Gärungsprozeß durch; hiernach werden sie gesäubert, gebrannt, gemahlen. Die Handelsware läßt nur noch Reste der Samenschale („Silberhäutchen") erkennen. Als Perlkaffee kommen die rundlichen Samen derjenigen Früchte in den Handel, die ausnahmsweise einsamig geblieben sind. Über Röststoffe und koffeïnfreien Kaffee s. o. S. 201.

Als Kaffeezusatz und -ersatz werden vielerlei Materialien verwendet, vor allen Feige (S. 297) und Zichorie; letztere wird der fleischigen, inulinreichen Wurzeln wegen in großem Maßstab angebaut; die Wurzeln werden getrocknet, eventuell mit Ölzusatz (Sesam, Arachis) geröstet und gemahlen. Als Zichorienersatz hat man Rüben und Wurzeln (*Beta*, *Daucus*, *Brassica rapa* u. a.) und Samen und Früchte (*Crataegus*, *Rosa*, *Sorbus*, *Quercus*, *Vitis*, *Helianthus*, *Lupinus* u. a. Leguminosen usw.) benutzt; über Malzkaffee s. u. (Gramineen).

Gewürze liefern der Waldmeister (Kumaringehalt, Würzen der Maibowle s. o. S. 186) und einige Kompositen. Die Gattung *Artemisia* liefert den Esdragon (*A. dracunculus*, Rußland, Asien), der namentlich als Essigwürze benutzt wird, und die seidengrau behaarte *A. absinthium*, aus dem der Wermut (Absinth) hergestellt wird; ähnliche Produkte leiten sich von *A. abrotanum*, der Eberraute, und andern südlichen *A.*-Arten ab; die einheimische *A. vulgaris* wird gelegentlich als Küchengewürz verwendet. Die Mischung der „fines herbes" enthält Esdragon, Umbelliferen (Kerbel, Petersilie), Schnittlauch, Basilikum und Champignons. *Tanacetum* liefert einen stark aromatischen Tee, Blüten von *Achillea* sind ein aromagebender Bestandteil von Teegemischen. Kandierte Zichorienwurzeln in der Konfiserie. *Chrysanthemum balsamita*, Marienblatt (Südeuropa), früher als Gewürz angebaut.

Drogen. — Rhizom und Wurzeln der *Valeriana officinalis* („*Radix valerianae*") nehmen beim Trocknen den durchdringenden Baldriangeruch an und sind wegen ihres Gehalts an Baldriansäure offizinell („*Tinct. valerianae aetherea*", Antispasmodicum). — Von *Sambucus nigra* sind die Blüten („*Flores sambuci*") wegen ihres Gehalts an ätherischem Öl als Diaphoreticum offizinell; eingedickter Saft der Beeren neuerdings zur Heilung genuiner Neuralgien empfohlen. Von *S. racemosa* und *S. ebulus* sind die Wurzeln als Volksarzneimittel (Diuretica, Diaphoretica) gebräuchlich. — „*Cortex viburni*" stammt von *Viburnum prunifolium* (Nordamerika), Sedativum

und Tonicum der gynäkologischen Therapie. — Die Samen des Kürbis geben ein volkstümliches Taenifugum ab (Kneipp). — *Galium aparine* und *G. verum* liefern volkstümlichen Tee; ihr Saft gegen Hautaffektionen; dgl. *Asperula odorata*. — Die Wurzeln von *Bryonia alba* und *Br. dioica* werden volkstümlich gegen rheumatische Leiden („Gichtrübe") u. a. gebraucht und stehen in ähnlichem Ruf des Zaubermittels wie die Alraune; Verwendung in der Homöopathie.

Die Kompositen liefern viele Heilpflanzen, doch ist ihre Bedeutung im allgemeinen gering. *Tussilago farfara* liefert der Apotheke „*Folia farfarae*", diese einen beliebten Brusttee („*Species pectorales*"). Die Kamille (*Matricaria chamomilla*) gibt ein beliebtes Hausmittel ab („*Flores chamomillae*", volkstümlicher Tee gegen Magen- und Darmleiden, äußerlich gegen Hautübel, Verwendung in der homöopathischen Praxis). Volkstümliche Arzneien liefern weiterhin der Alant (*Inula helenium*, Abkochungen der Wurzel), *Artemisia absinthium* (s. o., Stomachicum, „*Herba absinthii*"), die ungestielte Eberdistel (*Carlina acaulis*), deren Anwendung legendarisch auf Karl d. Gr. („Karlsdistel") zurückgeführt wird, und deren Wurzel als Diureticum, Diaphoreticum, Antihelminticum verwendet wird, der Löwenzahn, dessen Wurzel („*Radix taraxaci*") und Kraut als Diureticum dienen und zusammen mit *Achillea* u. a. zu den volkstümlichen Frühjahrs- oder Maikuren benutzt werden. *Achillea ptarmica* als Antihelminticum und Febrifugum, *Cichorium intybus* („*Herba cichorii*") als Tonicum und Aperitivum (Kneipp), die stattliche, rotblühende, mit weiß marmorierten Blättern ausgestattete Distel *Silybum marianum*, ferner *Bellis perennis*, *Calendula officinalis*, *Senecio vulgaris* u. a. spielen als Stammpflanzen von Volksheilmitteln eine untergeordnete Rolle. Die „*Herba cardui benedicti*" (von dem distelähnlichen *Cnicus benedictus*, Benediktenkraut) dient als Emeticum, Tonicum amarum usw., Kornblumen („*Flores cyani*") sind ein volkstümliches Diureticum, Febrifugum, Räuchermittel. *Arnica montana* spielte früher als Heilpflanze eine große Rolle (Herztonicum, Wundheilmittel), ist jetzt nur noch mit den „*Flores arnicae*" im Arzneibuch genannt; stark hautreizende Wirkung des Saftes und der Tinktur; Anwendung in der homöopathischen Schule.

Von *Lactuca virosa* (Fig. 280) wird der getrocknete Milchsaft, das „*Lactucarium*" („*Thridace*") gewonnen und gelegentlich noch als Hypnoticum und Opiumersatz verordnet; Anbau in der Moselgegend.

Als Färbemittel und Surrogat des Safrans werden die Blütchen der Färberdistel, *Carthamus tinctorius* (Orient), benutzt. *Calendula*-Blüten als Verfälschung des Safrans. —

Unter den ausländischen Drogen befinden sich mehrere hervorragend wichtige, vor allen die Chinarinden. Offizinell sind die Rinden der *Cinchona succirubra* („*Cortex chinae*"), die überall in den Tropen kultiviert wird. Sie enthalten zahlreiche Alkaloide, vor allem Chinin, ferner Chinidin, Zinchonin, Zinchonidin u. v. a., deren Reichtum durch planmäßige Kultur noch gesteigert worden ist. In *C. Ledgeriana*, deren Rinde zur Chiningewinnung benutzt wird, steigt der Alkaloidgehalt bis auf 17%; die in verschiedenen Ländern gebauten *C.*-Pflanzen sind an Alkaloiden ungleich reich. Vielseitige Verwendung des Chinins bzw. seines Sulfates als Tonicum, Antisepticum, Antipyreticum, Malariamittel, Influenza- und Malariaprophylacticum usw. Historische Malariakur der Gemahlin des Vizekönigs von Peru del Chinchon (1638), nach der der Chinarindenbaum seinen Namen erhalten hat.

Die „*Radix ipecacuanhae*“ stammt von *Uragoga ipecacuanha* (Speicherwurzeln, S. 39); Gehalt an brechenerregenden Stoffen (Emetin, Zephaëlin) und Ipecacuansäure. Nach Entfernung der ersteren („*Rad. ipec. deemetinisata*“) gutes Antidysentericum. Ähnliche Wirkung hat „*Rad. ipec. carthagena*“ von *Psychotria emetica* (Neugranada, Rubiaceae). Aus demselben Verwandschaftskreis stammt *Corynanthe yohimbe* (trop. Westafrika), deren Rinde das Alkaloid Yohimbin (neurasthenische Impotenz, Menolysin der gynäkologischen Ordination) liefert.

Die Koloquinten („*Fructus colocynthidis*“) sind die apfelrunden, geschälten Früchte von *Citrullus colocynthis*; Purgans, Emmenagogum, Bekämpfung des Ungeziefers.

Lobelienkraut („*Herba lobeliae inflatae*“) als Antispasmodicum, Expectorans, Emeticum.

Wurmsamen oder „*Flores cinae*“ sind die kleinen nur wenige Blüten enthaltenden Infloreszenzen von *Artemisia cina*; Gehalt an Santonin (bis 2,5%); Antihelminticum, Darstellung des Santonins.

Insektenpulver liefern die Blüten von *Chrysanthemum cinerariifolium* (Dalmatien, Montenegro) und *Pyrethrum roseum* (Persien).

Giftpflanzen. — Von den *Sambucus*-Arten gilt der Attich (*S. ebulus*) als giftig; über *S. racemosa* s. o. Die Schneebeeren (Früchte des *Symphoricarpus racemosus*) sollen für Kinder stark giftig sein. Auch die roten Beeren der *Lonicera*-Arten sind giftig oder giftverdächtig.

Die Koloquinten (s. o.) sind giftig. Stark hautreizende Wirkung hat der Saft der *Bryonia*-Rüben; die Beeren sind giftig.

Über *Lactuca virosa* s. o. Gegen die in *Arnica* enthaltenen Stoffe sind manche Personen sehr empfindlich. — Einige windblütige Herbstblüher unter den amerikanischen Kompositen (*Ambrosia*- und *Solidago*-Arten) rufen einen Herbstkatarrh hervor, der dem Heuschnupfen Mitteleuropas (s. u.) entspricht.

Rohstoffe. — „*Catechu Gambir*“ wird durch Abkochen der Blätter von *Ourouparia Gambir* (= *Uncaria G.*, Malakka) gewonnen. Verwendung wie beim Akazien-Katechu (*Acacia Catechu*, S. 357).

B. Monocotyledonae.

1. Liliiflorae.

Stauden mit metamorphosierten unterirdischen Sprossen (Rhizomen, Knollen, Zwiebeln s. S. 24 ff.), Blüten aktinomorph. meist pentazyklisch, meist P 3 + 3, A 3 + 3, G 3 (Fig. 283).

Fig. 283. Liliaceae.

Einheimische Familien:

Liliaceae (Liliengewächse). — Perigon frei oder verwachsenblättrig; P 3 + 3, A 3 + 3, G 3; Kapseln oder Beeren. — *Convallaria majalis*, Maiblume (Maiglöckchen), mit zwei großen lanzettlichen Laubblättern, glockigen, kleinen, in einseitwendigen Trauben stehenden Blüten (Fig. 284); Beeren rot. — *Majanthemum bifolium*, Schattenblümchen, mit zwei herzförmigen Blättern, Blüten glockenförmig, kleiner als bei voriger; Beeren rot. — *Polygonatum*

officinale, Salomonssiegel und das ihm ähnliche, kleinere *P. multiflorum*, Weißwurz, mit zahlreichen an rutenförmigen, wechselständig beblätterten Trieben inserierten Blüten (Fig. 285); über das Rhizom s. S. 26); Beeren schwarzblau. — Von allen andern Gattungen durch vierzählige Blüten unterschieden *Paris quadrifolia*, Einbeere (Fig. 286), vierzählige Laubblattwirtel; Blüte unscheinbar, P 4 + 4, A 4 + 4, G 2; stattliche schwarzblaue Beere; über das Rhizom s. S. 27. — *Veratrum album* Germer, ansehnliche Alpenpflanze mit reich beblättertem Sproß, Blüten in Rispen (Fig. 287). — Als Herbstblüher bemerkenswert (vgl. S. 132) *Colchicum autumnale*, Herbstzeitlose, mit Knolle (Fig. 27), großen, blaßvioletten Blüten (Fig. 288) und umfangreichen Kapseln, die erst in dem der Blüte folgenden Jahre reifen. — *Asparagus officinalis*, Spargel, reich verästelte, meterhohe Pflanze; Blätter unscheinbar; borstige Phyllokladien (S. 28) täuschen koniferenähnliche Benadelung vor; diözisch; Beeren rot. — *Allium*, Lauch, in zahlreichen Arten und Varietäten angebaut, Blätter meist röhrenförmig, Blüten in Dolden mit tütenförmigem Hochblatt (Fig. 138); *A. cepa*, Küchenzwiebel (Hauszwiebel, Bolle), mit stielrunden, bauchig aufgeblasenen Blättern; *A. ascalonicum*, Schalotte, Blätter pfriemlich, nicht aufgeblasen, Brutzwiebeln reichlich, Blüte selten; *A. schoenoprasum*, Schnittlauch, Blätter dünn, grasartige Rasen bildend, blüht reichlich in dichten Dolden; *A. sativum*, Knoblauch, linealische Blätter, Dolde mit Brutzwiebeln (Fig. 138); reichliche Zwiebelbrut („Zehen"); Vermehrung nur durch solche bei der als Perlzwiebeln (Rocambole) bekannten Varietät; *A. porrum*, Porre, linealische Blätter, Dolde ohne Brutzwiebeln. — Beliebte Zierpflanzen *Lilium*, Lilie, *Tulipa Gesneriana*, Tulpe, und *Hyacinthus orientalis*, Hyazinthe. — Wichtige ausländische Gattungen die rankende *Smilax* (Fig. 43), die dick- und dornblättrige *Aloe* (Medit. und Südafrika), die im Habitus den Laucharten ähnliche *Urginea* (*Scilla*) *maritima*, Meerzwiebel (Medit.), und *Schoenocaulon officinale* (= *Sabadilla officinalis*, Mexiko, Venezuela).

Fig. 284. Maiblume (*Convallaria majalis*).

Amaryllidaceae. — Den vorigen ähnlich, aber Fruchtknoten unterständig. — Einheimische Gattung: *Galanthus nivalis*, Schneeglöckchen (Fig. 168); äußerer und innerer Perigonkreis aus Organen verschiedener Form gebildet. — *Leucojum vernum*, Sporkelblume, alle P-Blätter gleichartig, weiß mit grüner Spitze. — Beliebte Zierpflanze *Narcissus poeticus*, weiße Narzisse, Perigon unten röhrig, oben tellerartig, mit gelbem, rot-

gerandetem Krönchen. — *Agave*-Arten mit fleischigen, dornig gezähnten Blättern (Amerika).

Iridaceae. — Den vorigen ähnlich, aber mit reduziertem Androeceum; P 3 + 3, A 3, G 3. Narben groß, blattartig verbreitert. — *Iris*, Schwertlilie, mit verzweigtem, knolligem Rhizom (Fig. 31), Narben kronblattähnlich, *I. pseud-acorus*, gelbblühende, einheimische Art. — *Crocus sativus*, Safran; *Cr. vernus*, der als Zierpflanze in allen Farben gezogene Krokus (Medit.).

Ausländische Familien:

Bromeliaceae — mit der im tropischen Amerika heimischen *Ananas sativus*; Blätter starr, dornig gezähnt; die Beeren verwachsen mit den fleischigen Deckblättern und der fleischigen Achse des Blütenstandes zu der als

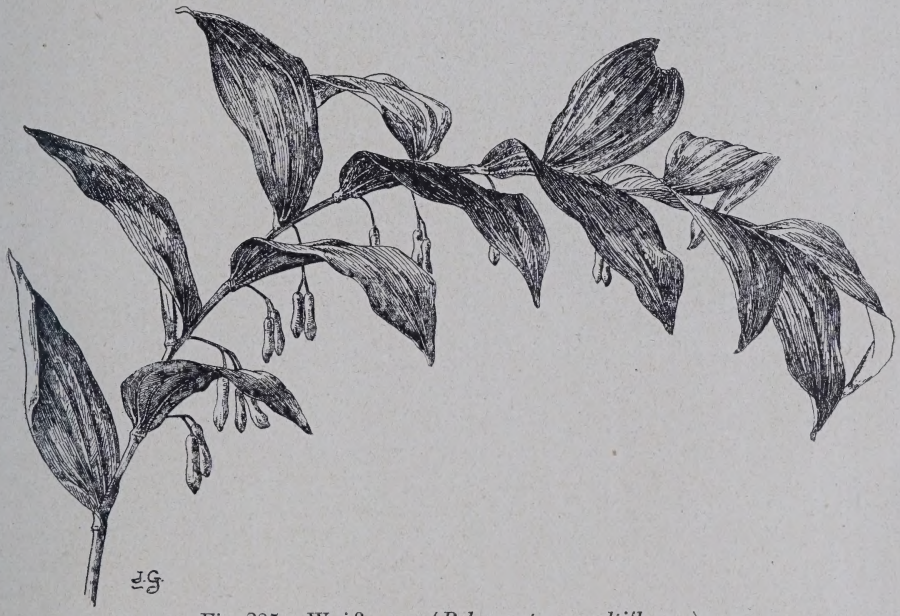


Fig. 285. Weißwurz (*Polygonatum multiflorum*).

Ananas bekannten Sammelfrucht, auf deren Scheitel oft ein Blattschopf entwickelt ist.

Dioscoreaceae — mit *Dioscorea batata* u. a. *D.*-Arten, die die Yamswurzeln liefern (Süd- und Ostasien, Australien).

Lebensmittelgewerbe. — Die von den Liliifloren gelieferten Gemüse sind weniger durch Reichtum an Nährstoffen als charakteristischen Geschmack vorteilhaft ausgezeichnet. Zu den ältesten Kulturpflanzen der Menschen gehören die aus dem Osten zu uns gelangten *Allium*-Arten, die wegen ihrer Zwiebeln (*A. cepa*, *A. ascalonicum*, *A. sativum*, *A. porrum*) oder Blätter (*A. schoenoprasum*) angebaut werden; die Zwiebeln enthalten neben 87—88% Wasser 2—3% Zucker, 1,5% N-Verbindungen und ein Glykosid Alliin, das bei Spaltung Zucker und Knoblauchöl liefert. Letzteres ein scharf schmeckender, hautreizender Stoff, dessen Dämpfe die Augen zum Tränen bringen, bedingt den Wert der Lauche als Gewürze und (s. u.) Heilpflanzen.

Vom Spargel werden die in Mai und Juni die Erde durchbrechenden, noch chlorophyllfreien, jungen Triebe (Pfeifen) genossen. Sehr wasserreiches Gemüse (92%), wenig Zucker, ca. 2% N-Verbindungen. Wirkt diuretisch, soll Blutharn hervorrufen können und als Aphrodisiacum wirken.

Die Ananas ist ein durch hohen Zuckergehalt und aromatischen Geschmack eines Fruchtäthers ausgezeichnetes Obst; außer diesen enthält sie ein proteolytisches Ferment. Verwendung als rohes Obst in der Kon-

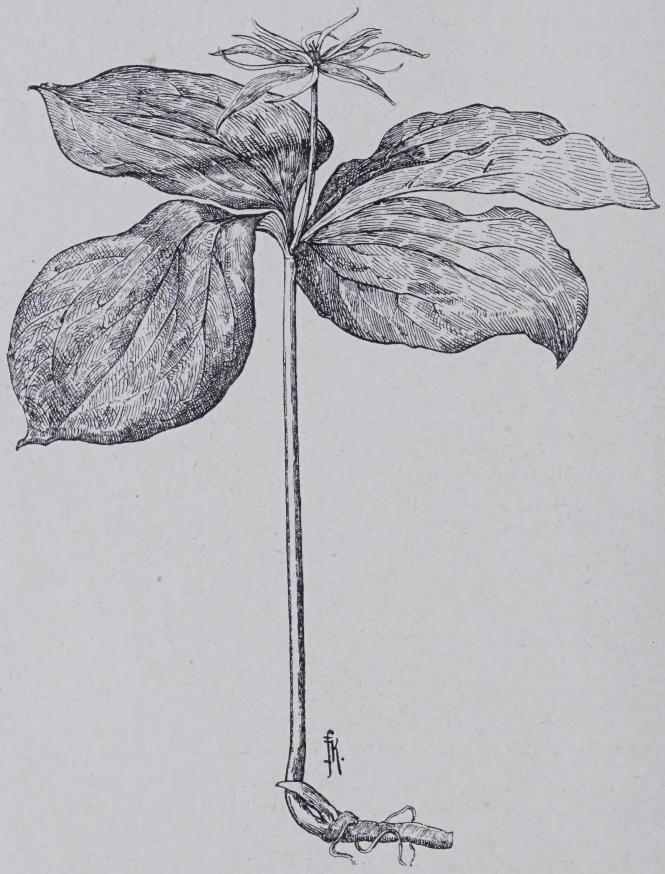


Fig. 286. Einbeere (*Paris quadrifolia*). — Giftig.

fiserie, als Bowlengewürz usw. Nicht für jedermann ist die Ananas bekömmlich.

Die stärkereichen Yamswurzeln (*Dioscorea batata*, *D. alata* u. a.) liefern ein Mehl, das auch zu uns gelegentlich gelangt.

Als ein schmackhaftes, aber wenig ergiebiges Kaffeesurrogat wurden schon zu Zeiten der Kontinentalsperre die Spargelsamen verwertet.

Über die aus Agaven gewonnene „Pulque" s. o. S. 222.

Drogen. — Die offizinelle „Veilchenwurzel" („*Rhizoma iridis*") stammt von *Iris florentina*, *I. pallida* und *I. germanica*, letztere ist stellenweise auch in Deutschland urwüchsig, die übrigen nur mediterran; eine

stark nach Veilchen duftende Substanz, das Iron, macht die Rhizome für Kosmetik und Parfümerie und als Geschmackscorrigens brauchbar. Volks-

Fig. 287. Germer (*Veratrum album*). — Giftig. Nach einer Figur von Berg-Schmidt.

tümlich wird auch das Rhizom der einheimischen *I. pseud-acorus* („falscher Kalmus") verwendet; Haemostaticum. Das kurze, vertikale Rhizom des Germers („*Rhizoma veratri*", weiße Nießwurz) enthält das sehr giftige Veratrin; Antipyreticum, Emeticum, Bekämpfung des Ungeziefers. Zu

letztem Zweck dient vornehmlich das ebenfalls veratrinreiche „*Semen sabadillae*“ (Sabadill- oder Läusesamen) von *Schoenocaulon officinale* und der aus ihm hergestellte Läuseessig. Das kleinkörnige, schwarze „*Semen colchici*“ (von *Colchicum autumnale*) gibt ein Gichtmittel und Drasticum ab.

Fig. 288. Herbstzeitlose (*Colchicum autumnale*): Herbstzustand. Nach einer Figur von Berg-Schmidt. — Giftig.

Safran („*Crocus*“) besteht aus den orangegelben, blattartig verbreiterten und tütenähnlich eingerollten Narben des *C. sativus*; 100 000 Blüten liefern etwa 1 kg Droge; im Altertum ein vielbegehrtes Färbe- (wasserlösliches Pigment Polychroit), Würz- und Duftmittel (ätherisches Öl: „*Oleum croci*“), jetzt als solches fast ganz vergessen. Als Droge findet er noch wegen seines Ölgehaltes bescheidene Verwendung („*Tinct. croci*“ Antihystericum, Antispasmodicum; „*Tinct. opii crocata*“).

Volkstümlich im Gebrauch sind *Polygonatum officinale* („*Radix sigilli Salomonis*“), Zwiebel und Knoblauch, Spargel (zumal die Triebe wildwachsender Exemplare), Einbeere und Maiblume. Letztere („*Herba convallariae*“) enthält ein *Digitalis*-ähnliches Glykosid Konvallamarin; die getrockneten, gepulverten Blüten (neben gemahlenen Roßkastanien) ein Hauptbestandteil des „Schneeberger“ Nießpulvers.

Wichtige ausländische Heilpflanzen sind *Urginea maritima*, deren „*Bulbus Scillae*“ (Zwiebelschuppen) als Emeticum, Diureticum, Expectorans usw. dient. „*Radix sarsaparillae*“ stammt von *Smilax*-Arten; vom Arzneibuch vorgeschrieben ist die Honduras-Droge; Antisyphiliticum, Antiscrophulosum. Die früher zu gleichen Zwecken angewandte saponinhaltige „Pockenwurzel“ stammt von *Sm. china* („*Rhizoma chinae ponderosum*“, „*Tuber chinae*“, historische Kur Karls V. 1545). — „*Aloe*“ („*Aloe capensis*“) ist der Saft von *Aloe ferox* u. a. *A.*-Arten; Purgans, Amarum.

Giftpflanzen. — Von den zahlreichen giftigen Liliifloren ist *Colchicum autumnale* die wichtigste — einerseits durch ihren hohen Gehalt an giftigen Stoffen (Kolchizin) und deren energische Wirkung, andererseits durch ihre große Verbreitung auf den Wiesen Deutschlands. Sämtliche Teile der Pflanze sind giftig. — Rhizom und Wurzeln von *Veratrum album* enthalten Veratrin und wirken auch auf Tiere (Kühe) schwer, zuweilen tödlich; Fleisch und Milch vergifteter Tiere sind gesundheitsschädlich. — *Paris quadrifolia* enthält in allen Teilen giftige Stoffe, deren Wirkung auf den menschlichen Organismus nur schwach ist. Weiterhin gelten als giftig die Zwiebeln von *Galanthus*, *Leucojum* und *Narcissus*, sowie die *Iris*-Rhizome.

Allium victorialis liefert das noch heute geschätzte Amulett des „Allermannsharnisch“; die Aderung der Zwiebelschuppen macht diese einem geflochtenen Harnisch ähnlich und hat den Glauben bewirkt, daß jene gegen Stich und Hieb feien.

2. Spadiciflorae.

Kräuter oder Bäume mit kleinen, meist eingeschlechtigen, zuweilen perigonlosen Blüten; Blüten in Kolben (Fig. 65 a) oder Rispen mit fleischig verdickten Achsen. Dem Kolben geht ein (oft blumenkronartig gefärbtes) Hochblatt, die Spatha, voraus.

Einheimische Familie:

Araceae. — Kräuter mit Knollen oder Rhizomen, Blüten in Kolben. — *Arum maculatum*, Aronstab, häufiger Laubwaldbewohner mit pfeilförmigen, oft gefleckten Blättern (Fig. 289) und einer nur unten von diklinen Blütchen bedeckten, oben nackten Kolbenachse (Fig. 65 a); Spatha blaß, grün, tütenförmig (Fig. 289); rote Beeren. — *Acorus calamus*, Kalmus, gelangte erst im 15. Jahrhundert zu uns, Heimat Ostasien, in Sümpfen und Gräben weit verbreitet; stattliches Rhizom (Fig. 30), linealische Blätter, spitz zuckerhutförmiger Kolben völlig mit zwitterigen Blüten besetzt; Spatha grün, laubblattartig, aufrecht stehend; kommt bei uns niemals zur Fruchtbildung. — *Calla palustris*, Schlangenwurz, seltene Sumpfpflanze, weiße Spatha, rote Beeren.

Typhaceae. — *Typha latifolia*, Rohrkolben (Lieschkolben), Sumpfpflanze mit linealischen Blättern und endständigen Kolben getrennten Geschlechts: die männlichen Kolben am Ende der Sprosse, unter ihnen die schwarzbraunen, samtigen weiblichen Kolben.

Ausländische Familie:

Palmae (Palmen). — Bäume der Tropen mit unverzweigtem Stamm und sehr großen, oft mehrere Meter langen, fächerförnigen oder gefiederten Blättern; ein- oder zweihäusig. Kolben oder Rispen, Beeren oder Steinfrüchte. — *Phoenix dactylifera*, Dattelpalme (Nordafrika), *Areca catechu* (Ostindien) und *Elaeis guineensis*, Ölpalme (trop. Afrika) haben Beeren; *Cocos nucifera*, Kokospalme (Tropen der alten und neuen Welt), hat Steinfrüchte: Exokarp grobfaserig, Endokarp steinhart.

Lebensmittelgewerbe. — Die Produkte der Palmen spielen im Haushalt der Tropenbewohner eine hervorragende Rolle; in den unserigen gelangen nur wenige — vorzugsweise Früchte.

Die Kokosnuß kommt als Ganzes oder in ihren Steinkernen (Samen und Endokarp) auf unseren Markt. Vom Samen wird das sehr fettreiche Endosperm („Kopra") verwertet, das als 1—2 cm starker eiförmiger Hohlkörper von mandelähnlicher Farbe und Konsistenz unter der Samenschale liegt. Das abgepreßte Fett wird als Kokosöl, Kokosbutter, Kokostalg und unter anderen Namen verarbeitet, Kokospreßkuchen dient als Viehfutter. — Die Ölpalme hat Früchte, die wie die Oliven mit Perikarp und Samen wertvolles Öl liefern: das Palmöl stammt vom Fruchtfleisch, das Palmkernöl von den Samen (Endosperm, s. o. S. 194).

Die Beerenfrüchte der Dattel werden für uns nur als zukerreiches Obst wertvoll.

Der Palmensago stammt aus dem stärkereichen Stammgewebe von *Metroxylon Rumphii* und zahlreichen anderen Palmen. Seine praktische Bedeutung für uns ist gering; der bei uns im Handel befindliche „Sago" wird aus Kartoffelstärke, Tapioka u. a. hergestellt. — Die Knollen von

Arum maculatum sind giftig, verlieren aber ihre Giftigkeit, wenn man sie kocht oder röstet; der Portlandsago soll von ihnen stammen. — *Typha* ist während der Kriegsjahre auf den Stärkegehalt der Rhizome (46% der

Fig. 289. Aronstab (*Arum maculatum*). — Giftig.

Trockensubstanz) ausgebeutet worden. Die männlichen Kolben entleeren eine große Menge dottergelben Pollenstaub, den man in manchen Gegenden mit Brot- und Kuchenteig verarbeitet.

Kalmusrhizome dienen als Gewürz, auch in der Konfiserie.

Über Palmenwein (*Cocos*, „Toddy") siehe S. 221 und unter Arrak (s. u.).

Drogen. — Das „*Rhizoma calami*" bekommt durch das in den Sekretzellen liegende „*Oleum calami*" seinen charakteristischen Geruch und Geschmack; es wird vorzugsweise volkstümlich gegen Magenübel angewandt.

Die „*Nuces arecae*" oder Samen der Arekapalme (*Areca catechu*) in der tierarzneilichen Praxis als Taenifugum und zu andern Zwecken verwandt; die in ihnen enthaltenen Alkaloide (Arekolin u. a.) machen sie zu einem in den Tropen viel gebrauchten Genußmittel (Betelkauen).

Giftpflanzen. — Örtlich reizende Stoffe sind in den Arazeen, namentlich ihren Rhizomen, enthalten — bei dem wildwachsenden *Arum maculatum* wie den als Zierpflanzen geschätzten *Calla-* und *Caladium*-Arten.

Rohstoffe. — Aus dem sehr harten Endosperm von *Phytelephas macrocarpum* (Fig. 93) werden Knöpfe („Hornknöpfe") u. a. Gegenstände gedrechselt. — Eine im Habitus von den übrigen stark abweichende Palme. *Calamus Rotang*, eine Liane Ostindiens, liefert mit ihren dünnen Achsen das veilseitig verwendbare „spanische Rohr"; die aus ihm geschnittenen Streifchen dienen zur Herstellung geflochtener Stuhlsitze. Über Palmenwachs s. o. S. 195.

3. Glumiflorae.

Fast durchweg Kräuter mit linealischen Blättern. P sehr reduziert oder fehlend; A meist 3, G 2. Schließfrüchte mit je einem endospermreichen Samen. In den Infloreszenzen häutige Blättchen (Spelzen, Glumae).

Beide hierher gehörende Familien sind in der einheimischen Flora reich vertreten.

Cyperaceae (Riedgräser, saure Gräser). — Dreikantige, massive Stengel; dreizeilige Beblätterung (Fig. 21 b). Blätter mit röhrenförmiger Scheide. Blüten diklin, in ährenähnlichen Ständen. — *Carex*, Segge, viele einheimische Arten.

Gramineae (Gräser). — Runde, meist hohle, nur an den Knoten (Fig. 46 und 125) massive Halme; zweizeilige Beblätterung (Fig. 21 a), Blätter mit offener Scheide und „Ligula" (Fig. 46). Blüten meist zwitterig in ähren- oder rispenähnlichen Ständen. — Zahlreiche einheimische, wildwachsende und kultivierte Gattungen und Arten, die in ihren vegetativen Teilen einander ähnlich, hauptsächlich in ihren Infloreszenzen sich unterscheiden. Die kleinsten aus Blüten und Spelzen aufgebauten, spindel- oder linsenförmigen Organgruppen der Grasinfloreszenz heißen Ährchen: an einer Achse stehen in wechselnder Zahl Spelzen, von welchen die ersten (Hüllspelzen) keine Blüten in ihren Achseln entwickeln, während aus den der späteren (Deckspelzen) kurze Seitenzweige hervorgehen, die nach Produktion eines Blattes (Vorspelze) mit einer Blüte endigen (Fig. 290). Diese wird stets von Deck- und Vorspelze umfaßt und besteht zumeist aus 3 Staubgefäßen und einem mit zwei federigen (anemophilen) Narben ausgestatteten Fruchtknoten; außer-

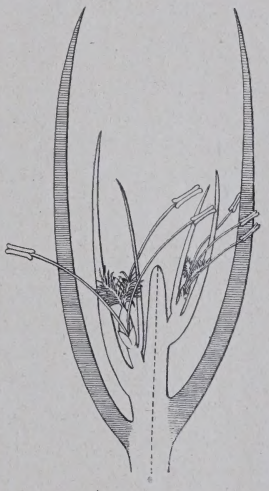


Fig. 290. Ährchen eines Grases, schematische Darstellung: zwei Hüllspelzen (schraffiert), zwei Blüten mit je einer Deck- und Vorspelze.

dem werden vor den Geschlechtsorganen zwei kleine Schüppchen (lodiculae) gefunden (Fig. 290 und 291). Hüll- und Deckspelze mancher Gräser enden mit einer langen, starren Borste (Granne, Fig. 293). Die Zahl der in einem Ährchen vereinigten Blüten schwankt, sie sinkt bei vielen Arten auf eins. Sind zahlreiche ungestielte Ährchen an einer gemeinschaftlichen Achse vereinigt, so liegen Ährengräser vor (Weizen, Roggen usw., Fig. 292); sind die Ährchen langgestielt und zu rispenartigen Ständen vereinigt, so spricht man von Rispengräsern (Hafer); bei den fuchsschwanzartigen Infloreszenzen von *Phleum* u. a. liegen Rispen mit kurzgestielten Teilinfloreszenzen vor (Ährenrispengräser). — Die Frucht ist eine einsamige Schließfrucht, deren trockenhäutiges Perikarp mit dem Samen verwachsen ist (Karyopse). Das Getreidekorn ist demnach kein

Fig. 291. Gramineae: diagrammatische Darstellung eines Blütchens samt Deck- und Vorspelze. Die Deckspelze ist schwarz gefüllt; die Vorspelze entspricht 2 Gliedern des äußeren Perigonkreises. Vom inneren sind wiederum 2 Glieder (als „lodiculae") entwickelt. Vom Androeceum ist nur ein Kreis ausgebildet.

Fig. 292. Roggen (*Secale cereale*): Teil einer Ähre; am Grund jedes Ährchens ist beiderseits je eine schmale, spitze Hüllspelze sichtbar. Die Deckspelzen endigen mit Grannen.

Samen, sondern eine Frucht. An seinem unteren Ende nimmt man den Embryo, am oberen oft eine Gruppe von Haaren („Bart") wahr. Den weitaus größten Teil des Korns nimmt das Endosperm in Anspruch: seine äußerste Zellenlage (selten mehr als eine) ist mit Fett und Eiweiß gefüllt (Aleuronschicht), die inneren vorzugsweise oder sogar fast ausschließlich mit Stärke (Fig. 106 b); der Mehl- oder Stärkekern des Getreidekorns ist entweder weißpulverig, bröckelig, „mehlig" — oder bei relativ hohem Eiweißgehalt „glasig" und zäh. Über die bei Gramineen auf-

tretenden einfachen und zusammengesetzten Stärkeformen s. S. 67. Bleibt eine Frucht dauernd von Deck- und Vorspelze umschlossen, so liegen „bespelzte" Körner vor; trennt sich die reife Frucht von ihnen, so ist sie „nackt".

Triticum sativum, Weizen (einschließlich *Tr. turgidum*, englischer Weizen, Rauhweizen, und *Tr. durum*, Hart- oder Glasweizen), Ährengras mit 2—3 blütigen Ährchen; Hüllspelzen breit kahnförmig, aufgeblasen; Frucht nackt. Wird in vielen meist grannenlosen Varietäten gezogen; *Tr. spelta*, Dinkel (Spelz), und *Tr. dicoccum*, Emmer (Gerstendinkel, Sommerspelz) haben bespelzte Früchte und brüchige Ährenachsen; *Tr. repens* (= *Agropyrum repens*), Quecke, lästiges Ackerunkraut mit meterlangen, knotenreichen, schnurähnlichen Rhizomen. — *Secale cereale*, Roggen, Ährengras mit 1—2 blütigen Ährchen; Hüllspelzen schmal, scharf gekielt (Fig. 292); Deckspelzen begrannt, Früchte nackt. — *Hordeum vulgare*, Gerste, Ährengras; stets 3 Ährchen (einblütige oder taube) auf gleicher Höhe der Ährenspindel inseriert; Früchte meist bespelzt, bartlos; Aleuronmantel mehrschichtig; in zahlreichen meist stark begrannten Varietäten angebaut (Fig. 293). — *Avena sativa*, Hafer, Rispengras; Ährchen zweiblütig; Früchte meist bespelzt. — *Zea mays*, Mais (türkischer Weizen, Welschkorn, Kukuruz, Südamerika), mehrere m hohe, massive Halme, die mit männlichen Rispen endigen; die weiblichen Blüten in „Kolben", die den Achseln der unteren Blätter entspringen; Früchte groß, rundlich oder zahn-

Fig. 293. Gerste (*Hordeum vulgare hexastichum*): sechszeilig gebaute Ähre.

förmig (Pferdezahnmais), weiß, gelb, rot oder bläulich. Umfangreicher Embryo; äußere Schichten des stärkereichen Endosperms infolge dichter Lagerung der Stärkekörner glasig oder hornig. — *Oryza sativa*, Reis (Ost- und Südasien, überall in den Tropen, auch bereits im Mediterrangebiet kultiviert), in wasserreichem Gelände wachsendes Rispengras; A 6; Frucht von harten Spelzen locker umhüllt; Endosperm glasig, spröde. — *Panicum miliaceum*, Hirse (Rispenhirse), vorzugsweise in Süd- und Osteuropa gebaut; bespelzte, rundliche Frucht. — *Saccharum officinarum*, Zuckerrohr, bis 6 m hohes, schilfartiges Rispengras mit massivem, zuckerreichem Stengel; Kultur in Südasien und überhaupt in den Tropen.

Unter den wildwachsenden einheimischen Gräsern fallen *Anthoxanthum odoratum*, Ruchgras, durch den beim Trocknen sich entwickelnden Kumaringeruch (Heugeruch), *Phleum*, Lieschgras (Thimoteegras), und *Alopecurus*, Fuchsschwanz, durch ihre dicht zylindrischen (Ährenrispengräser!), *Phalaris canariensis* durch die eirunden Rispen auf; *Glyceria fluitans*, der in Gräben und Sümpfen wachsende Schwaden (Süßgras, Mannagras), hat linealisch-walzliche Ährchen. Mehrere Meter hoch werden die Halme des Schilfs (*Phragmites communis*) und des Reit- oder Schilfgrases (*Calamagrostis arundinacea*). *Lolium perenne*, das englische Raygras, und der giftige Taumellolch, *L. temulentum* (Fig. 294), sind Gräser mit flachen Ähren.

Lebensmittelgewerbe. — Keine Pflanzenfamilie ist für die Ernährung des Menschen in allen Erdteilen und Zonen so bedeutungsvoll wie die Gramineen: seit dem Beginn aller Kultur geben sie dem Menschen mit dem Getreide oder den Zerealien die wichtigsten Brotfruchtformen.

	Wasser	N-Verbindungen	Fett	N-freie Extraktstoffe	Rohfaser	Asche
Weizen . . .	13,3	12,0	1,9	68,7	2,3	1,8
Roggen . . .	13,3	11,2	1,7	69,4	2,1	2,2
Gerste . . .	13,0	9,7	2,0	68,5	4,4	2,5
Hafer . . .	12,8	10,2	5,3	59,7	10,0	3,0
Mais	13,3	9,6	5,1	67,9	2,7	1,5
Reis	12,2	6,4	2,1	69,3	6,5	3,6

Die einzigartige Bedeutung der Gramineen beruht vor allem in dem hohen Stärkegehalt der Früchte und in der Leichtigkeit, mit der dieser durch Mahlen gewonnen und zu Nahrungsmitteln verarbeitet werden kann. Neben der Stärke liefern sie vor allem Eiweiß, Aminoverbindungen, Fett, Aschebestandteile und die „Vitamine". Diese Stoffe sind ungleich auf die verschiedenen Teile des Korns verteilt, indem die inneren Teile des Endosperms vorzugsweise Stärke, der unter der Schale liegende Aleuronmantel (Fig. 106 b) nur Fett, Eiweiß und Aschenbestandteile, ferner die hypothetischen Vitamine (vgl. S. 204), der Embryo viel Eiweiß, Aminoverbindungen, Fett, K und P enthält. Rohfaser ist in den äußersten Lagen des Korns, der Frucht- und Samenschale, besonders reichlich.

Für die Ernährung der mitteleuropäischen Bevölkerung kommen in erster Linie Weizen und Roggen, ferner Gerste, Hafer und Mais, von importierten Zerealien der Reis in Betracht. Spelz und Dinkel werden in Süd-

deutschland viel gebaut, treten aber gegenüber dem Weizen an praktischer Bedeutung sehr zurück. Von wildwachsenden Gramineen kann nur der Schwaden als Nahrungsmittel genannt werden; seine Körner werden in Ostdeutschland, Polen und Rußland gesammelt und zu einer schmackhaften Grütze verarbeitet. —

Fig. 294. Taumellolch (*Lolium temulentum*).

Die technische Verarbeitung der Getreidefrüchte beginnt dann, wenn bespelzte Körner vorliegen (Hafer, Gerste, Hirse, Reis u. a.), mit dem „Schälen" oder der Beseitigung der Spelzen. Zerquetschte Früchte kommen als Flocken (Haferflocken oder Quaker oats, Gerstenflocken) in den Handel. Reiskörner werden poliert, d. h. durch Behandlung mit glatten Steinen von Frucht- und Samenschale befreit; das durchscheinend milchweiße Korn des Tafelreises stellt den entblößten, brüchigen Endospermkern des Samens dar; ihm fehlen daher alle in der Aleuronschicht enthaltenen Stoffe. Geschälte und gerundete Gerstenkörner heißen Graupen (Rollgerste, Perlgraupen). Geschälte und grob gebrochene Körner liefern Grütze (Gerste, Mais usw.) oder mehr oder minder grobes Schrot. Aus unreifen Körnern des Spelz, dem sog. Grünkern, wird Grünkernschrot hergestellt. Grieß ist ein durch Mahlen entstandenes grobes, — Mehl, ein feines Pulver. Entkeimung heißt ein namentlich dem Mais gegenüber notwendiges Verfahren, durch welches der fettreiche Embryo, der 15% des Korns ausmacht, entfernt wird, und die Mahlprodukte des Endosperms vor der Verderbnis durch ranziges Öl bewahrt werden. Im Kriege hat man das Entkeimungsverfahren auch für die Früchte einheimischer Zerealien zum Zweck der Fettgewinnung empfohlen (s. o. S. 194). „Materna" ist ein aus Embryonen hergestelltes diätetisches Präparat.

Bei dem Mahlprozeß wird die im Innern des Korns enthaltene Stärke gewonnen: Mehl enthält außer dieser mehr oder minder große Beimengungen von Eiweiß und Zellwandsubstanz; der beim Mahlen bleibende Rest, die Kleie, besteht aus Trümmern der Frucht- und Samenschale, der ihr anhaftenden Aleuronschicht und größeren oder geringeren Resten des Mehlkörpers. Je höher die „Ausmahlung" der Brotfrucht, um so mehr gelangen auch die Kleieteile ins Mehl, und um so geringer ist der Rückstand. Mit Schale und Aleuronschicht gelangen bei fortschreitender Ausmahlung, die im Kriege von 75 auf 94% und darüber gesteigert worden ist, nicht nur Eiweiß, sondern auch steigende Mengen von Zellulose in Mehl und Brot. Bei der Bewertung solcher Produkte ist neben der darmreizenden Wirkung der Zellwandpartikel und der durch sie herabgesetzten Lockerung des Brotes namentlich der Umstand zu berücksichtigen, daß die fett- und eiweißerfüllten Zellen der Aleuronschicht dann, wenn sie intakt geblieben sind, nur sehr unvollkommen im Darm ausgenutzt werden. Umgekehrt steigt die Ausnutzung des Mehls um

so höher (bis 99%), je feiner es ist und je geringer der Grad der Ausmahlung. Um auch die wertvollen Bestandteile der Kleie, insbesondere der Aleuronschicht, dem Menschen besser zugänglich zu machen, sind verschiedene Verfahren ersonnen worden: Finklers „Finalmehl" wird durch sorgfältige Mahlung der Kleie gewonnen und mit dem üblichen Stärkemehl gemischt.

Vegetabilische Beimengungen, welche die Qualität des Mehles und der aus ihm hergestellten Waren herabsetzen können, sind die Sporen der auf Getreideinfloreszenzen parasitisch lebenden Pilze, namentlich die der Ustilagineen (Brandpilze, s. o. S. 228. 268) und die Sklerotien des Mutterkornpilzes (Fig. 178), sowie die mit den Getreidepflanzen zur Ernte und in die Mühle gelangenden „Ausreuter" oder Unkräuter. Namentlich die giftigen unter diesen — *Lolium temulentum* (Fig. 294) und *Agrostemma githago* (s. o. S. 306) — können große praktische Bedeutung bekommen. Wicken verunstalten Mehl durch die Trümmer ihrer schwarzen Samenschale; Samen von *Melampyrum* und *Rhinanthus* (s. o. S. 363) enthalten einen indigoähnlichen Farbstoff, der Backware bläulich werden läßt (s. auch Ustilagineen, S. 268).

Das wichtigste aus Mehl gewonnene Produkt ist das Brot. Mit Wasser (oder Milch) und Salz wird Mehl zum Teig angerührt; hierbei spielen sich in ihm wichtige chemische Veränderungen ab, indem ein kleiner Teil der Stärke in Dextrin und Zucker verwandelt wird. Werden gärungserregende Mikroorganismen — Hefe oder die im Sauerteig (Roggenbrot) enthaltene Kombination von Hefen und milchsäurebildenden Bakterien — zum Teig hinzugefügt, so vergären sie den im Teig enthaltenen Zucker und lockern ihn. Ihre Tätigkeit bewirkt einen Verlust von 1,5—2% der Kohlehydrate, der bei Verwendung von Backpulvern (s. oben S. 263) erspart bleibt.

Beim Backen wird dem Brot ein großer Teil seines Wassergehaltes entzogen und an der sich bräunenden Oberfläche ein Teil der Stärke zu Dextrin und Karamel verwandelt, die — zumal nach Befeuchtung der Brotoberfläche — der Kruste ihren Glanz geben. Auch die innere Masse eines Brotes wird beim Backen auf ca. 100° erhitzt; hierbei wird ein großer Teil der Stärke mehr oder minder weitgehend verkleistert (vgl. S. 180) und viel Wasser an sie gebunden. Die mit Wasser durchtränkten Zellulosepartikel des Brotes machen seine Krume „feucht"; je reicher ein Brot an solcher, desto feuchter fühlt es sich — bei gleichem Gesamtwassergehalt — an. Besondere Backverfahren lassen besonders geartetes Gebäck entstehen: Pumpernickel wird in wasserdampfreicher Atmosphäre gebacken; die Krustenbildung bleibt aus, die Karamelisierung geht in dem ganzen Brot vor sich und gibt diesem seine charakteristische Färbung.

Das „Altbacken"-werden des Brotes beruht weniger auf fortgesetzter Wasserabgabe als auf chemischen und physikalischen Veränderungen im Kohlehydratbestand (Abnahme der Quellfähigkeit der Stärke, Abnahme im Gehalt an wasserlöslichen Abbauprodukten); Milchgebäck oder solches, zu dessen Teig Fett (2—3% Schmalz) gegeben wird, altert langsamer.

Vor allem Weizen- und Roggenmehl liefern hochwertiges Brot: Weizenmehl liefert Weißbrot und Kuchen, Roggenmehl, Grau-, Schwarz-, Kommisbrot und ähnliche Gattungen. Gersten- und Hafermehl sind wertvolle Backhilfsmittel, die zu Weizen- und Roggenmehlteig zugesetzt seine allzuhohe Zähigkeit ebenso günstig beeinflussen wie Mais-, Buchweizen- oder Leguminosenmehl. Brot, das nur aus Gerste oder Hafer hergestellt ist, fällt rissig und unansehnlich aus und wird nur in manchen Gegenden des Spessarts u. a. gebacken.

Anstatt des Mehles läßt sich auch geschrotetes Material zu Brot verbacken, in dem naturgemäß alle Bestandteile der Frucht- und Samenschale und der Aleuronschicht enthalten sind (Weizenschrot-, Roggenschrotbrot, Pumpernickel, schwedisches Knäckebröd u. a.). Klopfers Vollkornbrod (Kornmarkbrod, Karabrot) wird aus Körnern hergestellt, die durch Schleudermühlen gegangen und von diesen samt Kleieteilen aufs feinste zerkleinert worden sind.

Aus Brot werden Paniermehl, Zwieback u. a. hergestellt — ersteres durch Mahlen von trockenem Weizengebäck (oft verfälscht durch gefärbten Grieß), letzterer aus Weizen- oder Roggenbrot.

Über die auf Brot sich ansiedelnden Mikroorganismen, über fadenziehendes Brot s. oben S. 225.

Als Zusatz zum Brotmehl und als Streckungsmittel sind vor allem Kartoffeln (S. 338) und Leguminosen, ferner Buchweizen (S. 305), Flechten (S. 283), Nährhefe (S. 263), abgekochtes Gemüse, Rüben usw., schließlich auch Blut verwendet worden. In Zeiten der Lebensmittelknappheit hat man auch Heupulver und Holzmehl empfohlen — zwei Materialien mit hohem Rohfaser-, aber auch beträchtlichem Stärkegehalt. Kieselgurzusatz (S. 258) macht Brot reich an SiO_2 — eine Veränderung, die manche Kliniker für wertvoll halten.

Gewürze werden in verschiedenen landesüblichen Mischungen zu Brot und Kuchen gefügt — Kümmel, Anis, Rosinen, Safran, Kurkuma usw. Lebkuchen (Pfefferkuchen, Honigkuchen) enthält Honig und Gewürze; sein Teig muß vor dem Backen wochenlang lagern; den charakteristischen Geschmack gibt ihm ein Zusatz von Pottasche.

Teigwaren (Wasser- und Eierteigwaren, Nudeln, Makkaroni usw.) werden aus Weizengrieß — namentlich der eiweißreichen Weizenspielarten — hergestellt und haben keinen Backprozeß hinter sich. Polenta ist ein in Italien beliebtes, namentlich aus Maismehl oder Maisgrieß mit Wasser und Salz hergestelltes kuchenartiges Gebäck; über schwarze P. s. oben S. 305.

Diätetische Präparate, Kindermehle usw. bestehen vorzugsweise aus Milch, Zucker und Mehl; dieses wird zunächst zu flachen Kuchen verbacken und diese zermahlen (Dextrinisierung der Stärke). Maizena, Mondamin, Maismon und Panin sind Maismehlpräparate. Hafermehl wird aus befeuchteten, gequollenen, hiernach getrockneten und gemahlenen Haferkörnern genommen. Präpariertes Hafermehl (40—60%) und Kakao (33—60%) kommen als Haferkakao in den Handel. — Stark gelockerter Reis wird nach SCHEFFER dadurch gewonnen, daß Reis mit überhitztem Dampf bei hohem Druck behandelt wird; bei plötzlichem Öffnen des Dampftopfes weitet der im Reiskorn enthaltene Dampf es bis zum 10fachen seines ursprünglichen Volumens.

Gemüse. — Unreife Maiskolben werden in Süd- und Osteuropa als kohlehydrat-, aber auch zellulosereiches Gemüse verzehrt; namentlich tauglich hierfür ist der Zuckermais (*Zea mays var. saccharata*).

Zuckergewinnung. — In Amerika werden manche Maisspielarten auf Zucker ausgebeutet. Ungleich wichtiger ist die Zuckergewinnung aus dem tropischen Gras *Saccharum officinarum*. In Europa hat die aus der Zuckerrübe gewonnene Saccharose den des Zuckerrohres verdrängt.

Herstellung von Zucker aus Stärke gestattet das Malz bzw. die in ihm enthaltene Diastase. Unter Malz versteht man keimende Getreidekörner, vornehmlich die der Gerste. Nach verschiedenen Verfahren läßt man die Körner sich entwickeln, bis das Keimwürzelchen etwa 1½ cm lang ist. Dann wird das „Grünmalz" getrocknet (gedarrt, Luftmalz, Darrmalz) und zur Herstellung von Bier (s. u.), Malzextrakt, LIEBIGS Malzsuppe, Malzbonbons, Malzkaffee u. a. verwendet. Durch das im Malz enthaltene Ferment entsteht aus der Stärke Malzzucker.

Herstellung alkoholischer Getränke. — Die zuckerreichen Säfte verschiedener Gramineen werden in den Tropen zu geistigen Getränken vergoren: Echter Rum wird aus dem Saft des Zuckerrohres gewonnen (Jamaica, Barbados usw., ca. 74% Alkohol, Verfälschung durch Spiritus und verschiedene Äther), der Arrak aus Reis und Kokospalmensaft („Toddy", Batavia usw. Verwendung zu schwedischem Punsch usw.). Die japanische Sake wird aus Reis hergestellt (s. o. S. 266).

Bei der Bierbereitung bildet das Malz (s. o.) das wichtigste Ausgangsmaterial: seine Diastase verzuckert die Stärke des Gerstenkorns und vermag auch noch weiteres zugesetztes Stärkematerial zu verzuckern. Der Zucker wird von der Bierhefe vergoren (S. 262). Malz macht das Bier an P und N-Verbindungen reich und gibt den dunklen Bieren (Verwendung stark gedarrten Malzes) ihre Farbe (Farbmalz). Die nach Zerkleinerung und Verrührung des Malzes (Maischprozeß) gewonnene, stark gärfähige Flüssigkeit ist die „Würze": aus 40%iger Würze gebraut wird die dickflüssige Mumme (Braunschweig). Fertiges Bier kommt einer 5%igen Nährstofflösung gleich.

Von den Nährstoffen der Gerste werden bei Bierbereitung und Biergenuß ca. 57% verwertet.

Die Rhizome der Quecke sollen früher zur Herstellung eines bierähnlichen Getränkes gedient haben; Stärke enthalten sie nur in Spuren, dagegen reichlich Zucker und zuckerähnliche Stoffe (Dextrin, Mannit, Tritizin).

Weizen- und Gerstenmaische dienen zur Herstellung des „Korns" (Kornbranntwein), Whisky und anderer Schnäpse. Malzkaffee wird aus Gerstenmalz hergestellt.

Drogen. — Vom deutschen Arzneibuch gefordert werden „*Amylum tritici*" und „*A. oryzae*", Weizen- und Reismehl. Das „*Extractum graminis*" (aus dem „*Rhizoma graminis*" des *Triticum repens*) wird als Pillenkonstituens benutzt.

Als volkstümliche Heilmittel in Geltung sind die soeben genannten Queckenrhizome, die Rhizome von *Calamagrostis* und *Phragmites*; die „*Flores graminis*" („Heublumen", Infloreszenzen der einheimischen Wiesengräser) werden zu Bädern (Kneipp's „Heublumenhemd"), die langen, fadenförmigen, von den Spitzen der Maiskolben bündelweise herabhängenden Narben („*Stigmata Maydis*") als Mittel gegen Blasenleiden benutzt. Aus den Samen der *Phalaris canariensis* wird ein SiO_2-reicher Tee gekocht.

Giftpflanzen. — Die Gramineen sind eine sehr harmlose Pflanzengruppe. Als giftig kommt nur *Lolium temulentum*, ein Unkraut der Getreidefelder, in Betracht (Fig. 294). Über den in seinen Früchten lebenden Pilz, s. S. 232. Namentlich durch Hafer, der mit *Lolium*-Früchten verunreinigt war, sind wiederholt Vergiftungen verursacht worden. Die wirksame Substanz ist ein Alkaloid (Temulin).

Das Heufieber (Heuschnupfen), katarrhalische Erscheinungen, die zur Zeit der Grasblüte viele Menschen peinigen, wird auf die chemischen Wirkungen der Gramineenpollen zurückgeführt. Als anemophile Pflanzen verbreiten die Gräser ihre Pollen auf sehr weite Strecken, so daß es schwer wird, sich diesem mit Sicherheit zu entziehen. Namentlich den Pollen von *Secale* und *Anthoxanthum* hat man für die Erkrankung verantwortlich gemacht. Die aus Pollen hergestellten Präparate (Dunbars Pollantin, Weichardts Graminol) haben die auf sie gesetzten Erwartungen nicht erfüllt. — Auch Pollen anderer Pflanzen (Cyperaceae, *Convallaria*, *Polygonatum*, *Euphorbia*, Cruciferae und Compositae, vgl. S. 383) rufen ähnliche Erkrankungen hervor.

Rohstoffe. — Von der Verwendung des Strohs zur Kraftfutterbereitung war S. 191 die Rede. — Herstellung von Flechtarbeiten aller Art, Verwendung des Strohs in der Papierfabrikation. Heu und Stroh als Stopfmaterial; Hirsekörner zur Füllung der am Krankenbett wertvollen Hirsekissen. — Das als Füllmittel wichtige „Seegras" (*Zostera marina*) gehört nicht zu den Gramineen, sondern stammt von einer marinen monokotylen Pflanze anderer Verwandtschaftskreise (Potamogetonaceae). Ihre Blätter sind linealisch, riemenähnlich und werden an den Küsten Europas, Nordamerikas und Ostasiens reichlich geerntet.

4. Scitamineae.

Tropische Stauden; Blüten zygomorph, Androeceum stark reduziert, Fruchtknoten unterständig.

Musaceae. — Baumähnliche Kräuter mit breiten, meterlangen Blättern, Blüten in Trauben. — *Musa paradisiaca*, Pisang (Banane).

Zingiberaceae. — Charakteristisch gestaltete Rhizome (S. 26). Nur 1 Staubblatt ist fruchtbar, 4 weitere zu blumenkronartigen Anteilen umgewandelt (Fig. 295). — *Zingiber*, Ingwer; *Curcuma*, *Elettaria* u. a. (Südasien).

Marantaceae. — Blüten asymmetrisch, da das einzige fruchtbare Staubblatt nur eine halbe Anthere entwickelt. — *Maranta arundinacea*, Pfeilwurz; *Canna edulis* u. a.

Lebensmittelgewerbe. — Die Bananen sind langgestreckte zylindrische oder prismatische, bis 20 cm lange Beeren, das einzige tropische Obst, das reichlich und frisch bei uns genossen wird. Die Haut ist lederig, das frische Fleisch samenlos (Parthenokarpie) 45% der Trockensubstanz sind Stärke; die Bananen übertreffen hierin alle andern Obstarten.

Mehl und Stärke wird aus den Früchten und Rhizomen verschiedener Szitamineen gewonnen. Das aus Bananen gewonnene Mehl enthält bräunliche Zellen- und Gewebereste. Das Marantamehl stammt aus den Rhizomen von *Maranta arundinacea* und anderen *M.*-Arten (Westindisches oder Jamaika-Arrow-root), ostindisches Arrow-root aus den Rhizomen von *Curcuma leucorrhiza* u. a. Queensland-Arrow-root heißt die von einigen *Canna*-Arten (*C. edulis*, *C. indica* u. a.) gewonnene, durch besonders große Körner ausgezeichnete Stärke.

Fig. 295. Ingwer (*Zingiber*); vom Androeceum ist nur das der Abstammungsachse zugewandte Staubblatt fruchtbar.

Gewürze. — Kardamomen sind die dreifächerigen Kapseln von *Elettaria cardamomum*; die Malabar-K. sind ca. 1 cm, die Zeylon-K. bis 4 cm lang. Das aromagebende Öl liegt in der Samenschale. Als Gewürze werden die Rhizome des Ingwers (*Zingiber officinale*), des Zittwers (*Galanga Zedoaria*), des Galgant (Rhizom von *Galanga officinarum*), auch das „Kurkuma" oder die Gelbwurzel (*Curcuma longa*) verwendet; letztere ein Hauptbestandteil des englischen Currypowder; in allen reichlich Stärke und ein aromatisches Sekret, das in Sekretzellen liegt. Das Kurkumarhizom enthält einen Farbstoff (Kurkumin), der zum Färben von Teigwaren, Gebäck, Käse, Salben usw. dient. — Ingwer und Zittwer werden in der Likörfabrikation verwendet.

Drogen. — „*Rhizoma zingiberis*", „*Rh. zedoariae*", „*Rh. galangae*", „*Rh. curcumae*" — letzteres von *C. longa*, spielen als Stomachica („*Tinct. aromatica*") eine geringe Rolle.

Im **chemischen Laboratorium** dient das mit Kurkumagelb getränkte „Kurkumapapier" beim Nachweis von Alkalien (braunrote Färbung) und von Borsäure.

5. Gynandrae.

Nur eine auch in der einheimischen Flora reich vertretene Familie, die **Orchidaceae** (Knabenkräuter). — Zwitterige zygomorphe Blüten mit ansehnlichem Perigon (P 6), stark reduziertem Androeceum (A meist 1) und unterständigem Fruchtknoten, der während des Erblühens durch Drehung um 180° (vgl. Fig. 296) die hinteren Teile der Blüte nach vorn wendet. Staubgefäße und Griffel zu einheitlichem Organ (Gynostemium) verwachsen. Kapseln mit zahlreichen kleinen Samen. — Zahlreiche Arten auf unseren Wie-

sen: *Orchis*, Knabenkraut (Kuckucksblume), die Lippe (Fig. 296) dreilappig geteilt und gespornt; *O. latifolius*, *O. morio*, *O. militaris* u. a.; *Anacamptis pyramidalis* u. a. — Wichtige tropische Art: *Vanilla planifolia*, Vanille (Mittelamerika), Liane mit fleischigen Blättern und Luftwurzeln.

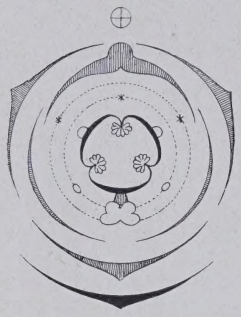


Fig. 296. Orchidaceae (*Orchis*): das hintere Blatt des inneren Perigonkreises ist besonders stattlich („Lippe", Labellum) und mit einem Nektar liefernden Sporn ausgestattet; durch Drehung des unterständigen Fruchtknotens (Resupination) kommt es später nach vorn zu liegen. Nach Eichler.

Lebensmittelgewerbe. — Die langen Früchte der Vanille (Vanilleschoten, Vanillestangen) kommen hauptsächlich aus Mauritius und Bourbon zu uns. Bei der Ernte haben sie noch kein Aroma; erst später bei Verfärbung tritt der Vanillegeruch auf. Durch langsames, einen Monat sich hinziehendes Trocknen vermag man Aromabildung und Vanillinproduktion zu fördern. Über künstliches Vanillin S. 292, über giftige Früchte S. 330. Vanilleschoten werden als Gewürz süßer Speisen, des Konditoreises u. a. benutzt; die kleinen Samen sind zuweilen in diesen noch erkennbar.

Die Knollen einheimischer Orchideen („Salepknollen" von *Orchis morio*, *O. masculus*, *O. militaris* u. a., „Händchensalep" — vgl. Fig. 51 — von *O. militaris*, *O. latifolius* u. a.) enthalten viel Stärke (ca. 30% der Trockensubstanz) und können daher zu allerhand Gerichten, Schleimsuppen usw. verwertet werden. Getrocknete Knollen sind infolge ihres Reichtums an erhärtendem Schleim außerordentlich hart und können erst nach anhaltendem Kochen verarbeitet werden.

Drogen. — Offizinell sind die Orchideenknollen oder „*Tubera salep*" von *Orchis morio*, *O. masculus*, *Platanthera bifolia* u. a.; Mucilaginosum. — Die handförmig gespaltenen Knollen (s. o.) standen früher im Ruf eines Zaubermittels („*Radix palmae Christi*").

Sachregister.

Die fettgedruckten Seitenzahlen verweisen auf Abbildungen.

C, K und Z sind als ein Buchstabe behandelt und im Alphabet an dritter Stelle eingeordnet worden; die Umlaute ä, ö und ü sind bei ae, oe und ue zu suchen.

Die im Buche verwendeten zoologischen und klinischen Termini sind im Sachregister nicht aufgenommen worden.

A.

Abelmoschus 323.
Abies (Tanne, Fichte) 44. 181. 194. 290ff.
Absinth 381.
Abutilon 218.
Acacia 224. 357. 383.
Akazie s. Acacia und Robinia.
Acajouöl 330.
Akarodomatien 236.
Akelei = Aquilegia.
Acer (Ahorn) **15.** 18. 31. 50. **56.** 57. 167. 325. 328.
Aceraceae 325.
Achillea (Schafgarbe) 379. 382.
Achse 6.
Achsel, Achselknospe, —sproß, —trieb 19.
Achorion 267.
achromatische Fasern 76.
Acidum citricum 185, — malicum 184, — oxalicum 185, — succinicum 185, — tartaricum 185.
Ackersenf = Sinapis, —winde 361.
Azetonhefe 263.
Azolla 153.
Akonitin, Akonitsäure 200. 201.
Aconitum (Eisenhut) **51.** 200. 201. 310. 323.
Acorus (Kalmus) 25. **26.** 95. 152. 198. 389ff.
Azotobacter 114.
akropetale Verzweigung, Organbildung usw. 10. **37.** 40.
Actaea (Christophskraut) 309. 323ff.
aktinomorph **50.**
Actinomyces 193. 235. 267.
Aktinomykosen 235.
Adenin 201.
Adlerfarn = Pteridium.
Adonis, Adonisröschen 309. 323ff.
Adventivtriebe 20, —wurzeln 37.
Ädidien **229.**
Aegopodium (Geisfuß) 336. **337.** 347.
Ährchen 391.
Ähre 53.
Ährengräser, Ährenrispengräser 392.
Äquationsteilung 79.
aërobes Leben 121. 253.
Aërotropismus 143.
Aesculus (Roßkastanie) 31. 57. 196. 325.
Aethalium 248.
Ätherisierung 217.
Aethiops 260.
Aethusa (Hundspetersilie) 336. **340.** 347ff.
Aethylalkohol 186.
Agar-Agar 73. 259.
Agaricaceae **270.**
Agaricus 125. 179. 183ff. 190. 203. **274.** 276. 282.
Agave 31. 42. 69. 131. 222. 385.
Agrimonia (Odermennich) 347.
Agropyrum (Quecke) 393.
Agrostemma (Rade, Kornrade) 196. 303. 306. 396.
Agrostis 230.
Agrumi 177. 326ff. s. auch Citrus.
Agglutination 251.
Aguma 355.
Ahorn = Acer.
Aira 230.
Alant = Inula.
Albinos 220.
Albumine 114. 203.
Alburnum 292.
Alkaloide 123. 200. 239. —haltige Genußmittel 320.
Alkohol 122. 186. 327. —gärung 126.
Alkanna, Alkannin 373.
Alchimilla (Frauenmäntelchen) 119. 168. **170.** 347.
Alectorolophus 363.
Aleppogallen 299.
Aleuronkörner 68, —schicht, —zellen 189. 203.
Algen 79. 115. 248. 256ff.
Allermannsharnisch 388.
Alles- oder Nichts-Typus 151.
Alliaria (Knoblauchskraut) **143.** 323.
Alliin 385. 388.
Allium (Lauche, Zwiebel) 27. 31. 77. 156. **157.** 183. 203. **264.** 384ff. 388.
Almenrausch 358.
Alnus (Erle) 238. **295.**
Aloë 32. 196. 384. 388.
Alpenrose = Rhododendron, — veilchen = Cyclamen.
Alraune 260. 365.
Altern 133. 218.
alternierend 16. 47. 48.
Althaea (Eibisch) 73. 318. 322.
Amanita (Fliegen-, Knollenblätterpilz) 271. 273. **279**ff.
Amaryllidaceae 384.
Amaryllis 156.
Ambrosia 383.
Ameisensäure 185.
Amine, proteïnogene 204.
Aminosäuren 113ff.
Amitose 74.
Ammoniak 114.
Ammoniacum 199. 347.
amöboide Bewegung 135. 138. — Zellen 7.
Ampelopsis (wilder Wein) **21.** 28. 139. **326.**
Amygdalae 347.
Amygdalin 195.
Amyloid 189.

Amylum oryzae 67. 398. — tritici 66. 398.
Anacamptis 400.
Anacardia, Anacardiaceae 326, 340.
anaërob 121. 125. 253.
Anagallis (Gauchheil) 358ff.
Ananas 385ff. — erdbeeren 342.
Anatomie der Pflanzen 58ff.
Anchusa 230. 373.
Andira 356.
Androeceum 46. **47.**
Andromedotoxin 359.
anemochor 167.
Anemone (Windröschen) **307. 308.** 323ff.
Anemonol 324.
anemophil 165.
Anethum (Dill) 198. 336. 347.
Angelica (Engelwurz) 346.
angewandte Botanik 3.
Angiospermae 44. 292ff.
Anhalonium 306.
Anis, Anisum 336ff.
Anisette 322.
Anisöl 198.
Annuelle 131.
Anserine 347.
Anthere 46.
Antheridien 160.
Anthozyan 124.
Antholyse 242.
Anthophylli 346.
Anthoxanthum 186. 398.
Anthrachinon 196.
Anthriscus (Kerbel) **39. 336**ff. 346ff.
anthropochor 167.
Antipoden **161.**
Antithamnium 11. **14.**
Apfel 239. 320. 339. 344ff. s. auch Pirus.
Apfelfrucht 57. —säure 184.
Apfelsine 327, s. auch Citrus.
Aphanocyclicae 307ff.
Aphiden 236.
Apium (Sellerie) 336ff. 346ff.
Apocynaceae 199. 360.
Apogamie 169ff.
apokarp **46.**
Appositionswachstum 66. 70.
Aprikose 195. 342.
Aqua amygdalarum 347, — laurocerasi 347, — petroselini 347.
Aquifoliaceae 325.
Aquilegia (Akelei) 50. 310. **312.** 323.
Araban 190.
Arabinose 187.
arabisches Gummi 190.
Araceae 39. 389.
Arachis (Erdnuß) 184. 194. 350. 355.
Araroba 356.
Arbutin 359.
Archegonien 160.
Arctostaphylos (Bärentraube) 358.
Areca 200. 298. 389. 391.
Arekaïdin, Arekolin 200.
Arillus **55.**
Aristolochia (Pfeifenstrauch) 344. 348.
Armillaria 277.
Arnica 278. 382ff.
Aronstab = Arum.
Arrak 397.
Arrow-root 67. 399.
Arsen-Nachweis 267.
Artemisia (Beifuß) **32.** 198. 378. 381. 383.
Arthanitin 359.
Artischoke 182. 389. **390.**
Arum (Aronstab) **54.** 124. 389. **390.**
Arve 290.
Asa foetida 199. 347.
Asaron 348.
Asarum (Haselwurz) **32.** 344. 348.
Ascaris 241.
Asche 180ff.
Asci 260. **265.**
Asclepiadaceae 361.
Asklepiadin 373.
Askomyzeten 260. 265.
Askosporen 260. **265.**
Asparagus (Spargel) 28. 179ff. 189. 203. 384. 386.
Aspergillosen 266.
Aspergillus 264ff.
Asperifoliaceae 361.
Asperula (Waldmeister) 35. 186. 374. 381ff.
Aspidium (Wurmfarn) 36.
Aspidosperma **41.** 193. 285ff. 360. 372.
Assimilation 110. **111,** —sstärke 65.
assimilierendes Gewebe 92. **95.**
Astragalus (Tragant) 127. 355. 357.
Atemhöhle 87. **88.**
Athyrium 285.
Atmung 121ff. 123.
Atmungskoeffizient 122, —pigmente 124.
Atriplex (Melde) 301. 303.
Atropa (Tollkirsche) 200. 365. **366.** 370ff.
Atropin 200. 370.
Attich 374.
Attraktionssphäre 79.
Aubergine 369.
Augen (Knospen) 20. 25, —fleck 64, —trost = Euphrasia.
ausbalancierte Lösung 110.
ausgebuchtet 31. **34.**
Ausläufer 25. **26.** 140.
Ausscheidungsöl 334.
Außenkelch 49.
Austern 259.
autonome Bewegungen 137. 139.
Autotomie 165.
autotrophe Pflanzen 111.
Autotropismus 143.
Avena (Hafer) 66. **67.** 180. 228. 230. 393.
Avitaminosen 204.

B.

Baccae juniperi 336, — spinae cervinae 328.
Backen des Brotes 396ff.
Backpulver 263.
Bacillariaceae s. Diatomeae.
Bazillen 249.
Bacillus acidi lactici 126. 154, — acidificans 254, — bulgaricus 254, — fossicularum 290, — lactis acidi 124, — mesentericus 255, — methanigenes 190, — orthobutylicus 126, — proteus 255, — tumefaciens 226. 235.
Bakterien 7. **8.** 58. 61. 78. 81. 82. 125ff. 138. 193. 215. 226. 249ff.
Bacterium aceti 254, — acetigenum 254, ascendens 254, coli 215. 254. 255, — Pastorianum 254, — phosphoreum 125, — pneumonicum 250, — radicicola 209.
Badian 322.
Bärenklau = Heracleum.
Bärentraube = Arctostaphylus.
Bärlappgewächse 19. 287, —mehl **287.**
Bärwurz = Meum.
Bäume 20. 22. 77. 131.
Baldgreis 377.
Baldrian = Valeriana.
Balgfrucht 56.
Ballota 371.
Balsame 197.
Balsamina = Impatiens.
Balsamum copaivae, peruvianum, tolutanum 199. 357.
Bambus 128.
Banane 398ff.
Bandamazis 321.
Barbaraea 319.
Basidien 260. **265.**
Basidiomyzeten 260. **265.**
Basilicum. Basilienkraut 370.
basipetale Verzweigung 10.

Bast 97 ff.
Bastard, Bastardierung 170 ff.
Bastfasern 98.
Batatas 361.
Bataten 369.
Batumtee 359.
Baumwolle 55. 88. **92**. 193. 194. 323, —öl 369.
Baustoffwechsel 109 ff.
Bezoar-Wurzel 300.
Bedeguar 347.
Beere 57.
Beerenzapfen 289, —pfeffer 370.
Befruchtung 78 ff.
Beggiatoa 124.
Begonia 20.
Beifuß = Artemisia.
Beiknospen. 20
Beinwell = Symphytum.
Bellis (Gänseblümchen) 379. 482.
Benzoë 199, —säure 185.
Benzylalkohol 186.
Benediktenkraut = Cnicus benedictus.
Benediktinerwurz 347.
Berberidaceae 311.
Berberin 320. 322.
Berberis, Berberitze 32. **34**. 185. 229. 311. 323.
Bergamottöl 198.
Bergahorn 325, —mehl 258. **259**.
Bernstein 199. 290, —säure 185.
Berserkerwut 281.
Bertholletia 68. 194. 203. 344.
Bertramschafgarbe 379.
Bestäubung 53. 165.
Bestockung **21**.
Beta (Runkelrübe) 38. **100**. 180 ff. 187. 201. 235. 302. 305.
Betelkauen 298. 391.
Betonica 361. 369. 371.
Betriebstoffwechsel 109. 121.
Betula (Birke) 20. 23. 100. 132. 191. 224. 231. 295. 299. 320.
Betulaceae 294.
Beulenbrand 230. 269.
bewegliche Stärke 66.
Bewegungserscheinungen 2. 134 ff. 166.
Bibernell = Pimpinella.
Bizarria **177**.
Bier 262 ff. 397, —hefe 261 ff.
Bilsenkraut = Hyoscyamus.
Bingelkraut = Mercurialis.
biogenetisches Grundgesetz 55.
biologisches Grundgesetz 216.
bipolare Spindel 74. **75**.
Birke = Betula.
Birkenpilz 278, —reizker 282, —wasser, —wein 298, 299,
Birnen 204. 234. 340 ff. 344, s. auch Pirus.
Birnenfrucht 57.
bisymmetrisch 14.
Bitterklee = Menyanthes.
Bittermandelöl, —wasser 347.
Black-rot 326.
Blättchen 31.
Blätterpilze **270** 275 ff. 280 ff.
Blankenheimer Thee 371.
Blasensennes 356.
Blatt 6. 14. 28.
Blattachsel 19, —knoten 141, —form 31, —grund 29, —minierer 236, —narben 36, —nerven 33. **37**, —plastik 31, —polster 141 ff., —rand 31. **34**, —scheide 29. 34. **38**. **39**. — spreite 29. 31 ff., —stellung **16** ff., —stiel 31. 32. **36**.
Blaualgen 63. 248, —holzextrakt 357.
Blei 216.
Bleichzichorie, —sellerie 214.
Blitzpulver 288.
Blüte 23. 43 ff.
Blütenbiologie 165, —boden 48. **49**, —formel 293, —füllung **241**, —hülle 47, —stand 22. 51. **52** ff., —staub 46.
Blume des Weines 262.
Blumenkohl 319, —krone 48, —esche 360.
Blutlaus 239.
Blutung 119.
Bockshorn = Trigonella, —dorn = Lycium.
Bodenmüdigkeit 218.
Bochmeria (Ramie) 93. 300.
Bohne = Phaseolus u. Vicia; türkische B. 353.
Bohnenkraut 370, —öl 194.
Boldea 322.
Boletus 203. 270 ff. **276** ff.
Bombyx 266.
Borago (Boretsch) 361. 369 ff.
Boraginaceae 361.
Bordeaux-brühe (Bordelaiser Brühe) 234. 240.
Boretsch = Borago.
Berneokampfer 324.
Borneol 199.
Boswellia 199. 329.
Botrydium **9**. 14. 80.
Botrytis 264 ff. 266.
botrytische Blütenstände 51.
Bovist, Bovista 279. 282.
Brätling 276.
Brandpilze = Ustilagineae.
Brassica (Kohl, Raps, Rübsen) 38. 112. 179. 181. 188. 203. 226. 231. 248. 312 ff. 319. 321.
Braunalgen = Phaeophyceae.
Braunelle = Prunella.
Braunrost 228, —wurzgewächse 362.
Brechnuß = Strychnos.
Brennerei 262.
Brennhaare 87. **90**. 222.
Brenztraubensäure 126.
Broccoli 319.
Brombeere 342, s. auch Rubus.
Bromeliaceae 385.
Brot 179. 184. 188 ff. 203. 255.
Brotfrucht 305.
Bruchkraut 306.
Bruzin 201. 372.
Brunnenkresse 319.
Bryonia (Zaunrübe) 32. **35**. 60. **144**. 375. 382 ff.
Bryophyta 284.
Buche = Fagus.
Bucheckern, Bucheln 194. **295**.
Bucheckernöl 193.
Buchsbaum = Buxus.
Buchweizen = Fagopyrum.
Buchweizenausschlag 306.
Bulbus scillae 69. 388.
Buntblättrigkeit 218. **219**. **220**.
Buschbohne 353, —windröschen 307.
Butterpilz 278, —säure, 126 — —gärung 126.
Butyrum cacao 322.
Buxus (Buchsbaum) 331.

C, K, Z.

Kabbes 319.
Kakao = Theobroma, —butter 194. 320. 322, —schalen 320.
Cachou 356.
Cactaceae 28. 303.
Kadeöl 292.
Kälberkropf = Chaerophyllum.
Kältetod 214.
Kämme 326.
Caesalpinia 197.
Caesalpiniaceae 350 ff. **354**.
Käse 266.
Kätzchen 294.
Kaffee, Kaffeesurrogate 355. 374, s. auch Coffea.
Kaffeïn 201.
Kahmhefe 254. 263.
Caladium 391.
Calamagrostis 394. 398.
Calamus 391.
Kalkalgen 73. 181.
Calcatripin 324.
Calendula **377**. 382.
Kalium 109. 180.
Calla 389. 391.
Callitris 199.

Kalzium 109. 181, —karbonat 181, —oxalat 68. 185.
Calluna (Heide) 320. 358ff.
Callus 320.
Kalmus = Acorus
Caltha 308. 321. 324.
Kalthefen 262.
Calyciflorae 334ff.
Kalyptra der Wurzel 36.
Kamala 334.
Kambium 97. 129.
Kampfer 197ff. 324, —geist 199.
Camelina 319.
Kamille 379.
Campanula 241.
Campecheholz 357.
Camphora **318**. 324.
Kanadathee 359.
Kanadin 322.
Cananga 323.
Kaneel 321.
Canna 399.
Cannabinaceae 166. 194. 288. 295.
Cannabis (Hanf) 93. 166. 194. 288. 296. 298ff.
Kannenblätter 31, —kraut 287.
Cantharellus 203. 272, **275**ff.
Zapfen der Nadelbäume 19. **20**.
Kapillarität 60.
Capita papaveris 322.
Kapok 324.
Capparis 314. 321.
Kappern, Kappernstrauch 314. 321.
Caprifoliaceae 374.
Kapsaizin 369.
Kapsel **56**, — d. Bakterien 250.
Capsella (Hirtentäschelkraut) **32**. 182. 313. **316**. 319. 323.
Capsicum (Paprika) 365. 369ff. 371.
Kapuzinerkresse = Tropaeolum, —pilz 278.
Karabrot 396.
Carbo 323.
Karzinom 224.
Cardamine (Wiesenschaumkraut) 313. **316**. 319.
Kardamomen 71, 399.
Kardol 330.
Carduus (Disteln) 32. 378. 382.
Carex (Segge) 391.
Caricae 297.
Carlina 378. 382.
Karlsdistel 382.
Karmelitergeist 198.
Carnaubawachs 195.
Karnin 201.
Karnivore 115.
Karoten, Karotin 63. 64. 207.
Karotte = Daucus.
Karottenxanthose 346.
Karpell s. Fruchtblatt.
Carpinus (Hainbuche) 295.
Karpophor **56**. 57. 335. **336**.
Carragheen (Caraghen) 73. 195. **258**ff.
Carthamus 382.
Kartoffel = Solanum tuberosum, —bovist **282**.
Carum (Kümmel) 336. 346.
Caryophyllaceae 303. **305**.
Caryophylli 346. 348.
Karyokinese 74. **75**. **76**. **77**.
Karyopse 392.
Cascara sagrada 196. 209. 328.
Kassawa-Mehl 333.
Cassia **33**. 50. 350. 355ff.
Castanea 295. 297. 299.
Castilloa 300.
Castormehl 354, —öl 333.
Kastration 211.
Katalase 124.
Katalysatoren 204.
Catechu 357. 383.
Kathodenstrahlen 215.
Katjangöl 355.
Caulerpa **13**. 14. 80.
Zaunrübe = Bryonia.
Kautschuk 96. 199. 300. 373.
Kawa-Kawa 299.
Cayennepfeffer 369.
Zea (Mais) 66. **119**. 194. 202. 227. 230. 269. 393ff. 397ff.
Ceara-Kautschuk 334.
Zezidien = Gallen.
Kefyr 254.
Ceiba 324.
Keimbahn 2, —blätter **30**. **40**.
Keimling **30**. **40**. **119**, s. auch Embryo.
Kelch 48.
Zelle 58ff.
Zellkern 61ff. 139., —ketten 82. —fusion 78ff. 84, —generation 77, —haut 3. 58ff., 69ff. 259, —leib 59, membran = Zellhaut, —platte 75, —saft 59, —teilung 73, —verschmelzung 78ff. 84, —wand = Zellhaut.
Zellulose 73. 120. 189.
Celosia 242.
Centaurea **136**. **377**ff. 382.
Zentifolie 342.
Zentrosom 79.
Zentrosphäre 79.
Zephaëlin 383.
Cephalanthera 53.
Ceratonia 350. 355.
Kerbel = Anthriscus, —rübe 346.
Cereus 303.
Kern s. Zellkern.
Kernkörperchen s. Nucleolus, —haus 57, —holz 99. 224, —obst 344, —spindel 74, —teilung 73ff., —verschmelzung 78ff., —wand 74.
Ceroxylon 195.
Ceterach 286.
Cetraria 190. 284.
Kettenblume 376.
Zeylonzimt 321.
Chaeromyces 274.
Chaerophyllum (Kälberkropf) 336. 346.
Champignon **274**. **276**.
Charta sinapisata 323.
chasmogame Blüten 166.
Cheimatobia 239.
Cheiranthus (Goldlack) 313. 324.
Chelidonium (Schöllkraut) 312. **314**. 322. 324.
Chemie des Pflanzenkörpers 178.
Chemotaxis 138.
Chemotropismus 143.
Chenopodiaceae 147. 301.
Chenopodium (Gänsefuß, Melde) 47. **48**. 114. 182. 204. 210. 301. **304**ff.
Chicorée 214.
Chillies 369.
Chimären 176.
Chinagras = Boehmeria, —rinde = Cortex chinae, —rindenbaum s. Cinchona, —säure 200.
Chinin, Chinidin, Chinoidin 200.
Chinolin 200.
Chips 321.
Chitin, Chitosan 192.
Chlamydomonas, Chlamydomonadineae 81. 138. 217.
Chlorophyceae 258.
Chlorophyll 3. 63. 206.
Chlorophyllkorn 63. 139.
Chloroplasten 63. **64**. **65**.
Chlorose 210.
Cholera 77.
Cholesterin 193.
Cholin 200ff.
Chondriosomen 64.
Chondrus 195. **258**. 259.
Choripetalae 48. 294ff.
Christophskraut 309.
Christrose = Helleborus.
Chromatin 62. 74.
Chromatophoren 63ff. 73.
Chromogene 124. 271.
Chromoplasten 64.
Chromosomen 74. **75**. 77.
Chrysanthemum 242. 379. 381. 383.
Chrysarobin 356.

Zibeben 327.
Cibotium 286.
Cicer 354.
Kickxia 199. 360. 373.
Kicher, Kichererbse, Kicherling 354.
Zichorie, Cichorium 96. 376. 380ff.
Cicuta (Wasserschierling) 25. 83. 338. 348.
Ziegenbart **278**. 279, —fuß 336, —lippe 278.
Kiefer = Pinus silvestris.
Kienholz 224, —öl 292.
Kieselalgen = Diatomeae; —körper 69, —guhr 258. **259**. —säure 102; s. auch Verkieselung.
Ziest = Stachys.
Zimt s. Cinnamomum; —blüte 321, —kassia 321, —öl 198, —säure 186.
Zink 216.
Cinchona 200. 374. 382.
Zinchonin 200.
Zingiber (Ingwer) 26. 95. 399.
Zingiberaceae 399.
Cinnamomum (Zimt, Kampfer) 71. 198. 318. 321. 324.
Zinnkraut 287.
Kino 357.
Zirbelnüsse 292.
Zirkulation des Protoplasmas 60.
Zirkumnutation 139. 143.
Kirsche **22**. 23. 187. 195. 231. 341ff., s. auch Prunus; —gummi 187, —lorbeer 342. 347, —pfeffer 370.
Cirsium (Distel) 378. 381ff.
Citromyces 185. 266.
Zitronat 327.
Zitrone 327; s. auch Citrus.
Zitronenöl 186. 198, —säure 185.
Citrullus 373. 383.
Citrus (Zitrone, Apfelsine, Agrumi) 35. **39**. 51. 57. 96. 177. 198. 203. 326ff.
Zittwer 329. 399.
Cladonia 190. 284.
Cladosporium 265ff.
Klappernuß 328, —topf = Alectorolophus.
Klatschmohn 312.
Klausen 361. **363**.
Clavaria **278**. 279.
Claviceps (Mutterkorn) 201. 204. 227. 235. 267. **268**. 396.
Klee = Trifolium, —säure 185.
Kleie 395.
Kleinkörner 66.
kleistogam 166. 211.
Clematis (Waldrebe) **144**. 388. 323ff.
Klette 378.
Klinostat 142.
Klopstockia 195.
Closterium 8. 14.
Clostridium 114. 126.
Knabenkräuter = Orchidaceae.
Knäckebröd 396.
Cnicus 195, 382.
Knoblauch = Allium sativum; —kraut = Alliaria, —öl 385, —pilz 278.
Knöterich 300. **301**.
Knollen 24ff., —blätterpilz **279**ff., —ziest 369.
Knorpelkirsche 341.
Knospe 15.
Knospenkern = Nucellus, —mutation 171, —schuppen **18**. 30.
Knoten 15.
Kokaïn 200.
Kokken 249.
Cochlearia 319.
Cocos, Kokospalme 57. 221. 389. 391.
Kokosbutter, —talg usw. 399.
Kodeïn 200.
Königskerze = Verbascum, —farn = Osmunda.
Köpfchen 53. **54**.
Körnerplasma 59.
Koferment 205.
Coffea (Kaffee) 201. 374. 381.
Coffeïn 53. 95. 123. 201. 232.
Kohäsionsbewegungen 106. 136.
Kohl = Brassica oleracea, —hernie 226. 248, —rabi 24. 319, —rübe = Brassica.
Kohlenhydrate 186ff.
Kohlenstoff 109, —assimilation 110ff.
Cola, Kolanuß 201. 319. 320.
Kolarot 321.
Kolben 53. **54**, —schimmel = Asperpillus.
Kolchizin 201. 388.
Colchicum (Herbstzeitlose) 201. 384. **388**.
Colocasia 119.
Kolonie 251.
Kolophonium 199.
Koloquinte 373. 383.
Colutea 356.
Komfrey 369.
Commiphora 199. 329.
Kompensation 225.
Compositae (Korbblütler) 53. 132. 147. 242. 374ff. **375**. **376**. **377**. **378**.
Kondurangin 372.
Kongo 320.
Konidien 154. **155**. 260.
Coniferae (Nadelbäume) 31. 61. 96. 197. 280ff.
Koniin 200.
Conium (gefleckter Schierling) 200. **335**. **336**. 348.
Conjugatae 258.
Kontinentalkaffee 355.
Convallamarin 388.
Convallaria (Maiblume) 195. 383. **384**. 388. 398.
Convolvulaceae 361.
Convolvulin 373.
Convolvulus 361. 372ff.
Zoozezidien 236.
zoochor 167.
zoophil 166.
Zoosporen 155. **156**.
Copaifera 199. 357.
Copaivabalsam 357.
Copernicia 195.
Kopfsalat = Lactuca sativa.
Copra 389.
Coprinus 271.
Kork 99. 300, —eiche 295.
Corchorus 324.
Koriander, Coriandrum 337.
Korinthen 327.
Cormophyta 6. 14.
Kormus 6.
Korn 398.
Kornblume = Centaurea cyanus, —markbrot 396, —rade = Agrostemma.
Kornelkirsche 338. 345.
Korolle 48.
Coronilla (Kronwicke) 195. 349ff. 352. 257.
Korrelationen 132.
Korrespondenz der Tüpfel 84. **86**.
Cortex aurantii fructus 329, — cascarillae 324, — chinae 200. 382, — citri fructus 329, — condurango 372, — frangulae 328, — granati 348, — hippocastani 328, — pruni 347, — quebracho 372, — quercus 299, — quillajae **69**. 185. 196. 348, — rhamni purshianae 328, — salicis 299, — viburni 381.
Korydalin 201.
Corydalis (Lerchensporn) **50**. 201.
Corylaceae 295.
Corylus (Haselnuß) 56. 189ff. 194. 202. 258. 295. 297.
Corynanthe 201. 383.
Zostera 398.
Kottonöl 194.
Kotyledonen **30**. **40**. 54. **55**.
Krähenaugen 372.
Kräuter 131.

Krameria 350. 356.
Kranbeere 358.
Crassulaceae 185.
Crataegus 35. 340ff. 347.
Krauseminze 370.
Kraut s. Brassica oleracea.
Krebs **224.**
Kren 319.
Kreosot 299.
Crepis 77.
Kreuzblütler = Cruciferae.
Kreuzblumen 325, —dorn = Rhamnus cathartica, —kraut 377.
Kreuzung 172.
Kriebelkrankheit 268.
Kriechenpflaume 341.
Kristalle 68.
Kristalloid 68.
Kristallsand 68, —stärke 368.
Crocus 24. 147. 385. 388.
Kronwicke = Coronilla.
Kropf 248.
Crosnes 369.
Croton 334.
Cruciferae (Kreuzblütler) 50. 53. 234. 312. **315.**
Krümmungsbewegungen 135. 139ff.
Krugblätter 31.
Krummholzöl 292.
kryptokristallinisches Oxalat 68.
Cryptogamae 247ff.
Cubebae 299. 371.
Zucker 122.
Zuckerahorn = Acer saccharinum, —erbse 353, —mais 397, —rohr = Saccharum, —rübe 305.
Kuckucksblume 400.
Cucumis (Gurke, Melone) 32. 373. 379.
Cucurbita (Kürbis) 32. 128. 194. 201. 203. 373. 379.
Cucurbitaceae 373.
Küchenzwiebel = Allium cepa, —schelle 308.
Kümmel = Carum carvi, —öl 198.
Kürbis = Cucurbita pepo.
Kuhschelle **308.**
Kultur, künstliche 251ff. 271.
Kumarin 186.
Cuminum 346.
Kumys 254. 263.
Zunder 282.
Zungenblüten 374.
Kunsthonig 188.
Kupfer 217.
Kupula **295.**
Cupuliferae 295.
Curaçao 327.
Kurare. Kurarin 201.
Kurztrieb **12. 13. 22. 23.** 325.
Curcuma 25. **26.** 399.
Kurkumin 399.
Kurellasches Pulver 356.
Kurree (curry) powder 369. 399.
zusammengesetzte Blätter 31. **33.**
Kutikula 86.
Kutin 86. 191.
Kutinisierung 73.
zweiachsig 24, —häusig 44, —jährig 131.
Zweigabsprünge 221.
Zwergenwuchs 211.
Zwergholunder 374.
Zwetsche 341.
Zwiebel 27, s. Allium; —kuchen 27, —schuppen 27.
zwitterig 44.
Zyane = Centaurea cyanus.
Zyandin 196.
Cyanophyceae 244.
Cyathium **330.**
Cycadaceae 289.
Cyclamen (Alpenveilchen) 25, 358ff.
Zyklamin 359.
Cyclanthera 150.
zygomorph **50.**
Zygosporen **158** ff.
Zymase 126. 206.
Zymin 263.
zymöse Blütenstände 51.
Cynanchum = Vincetoxicum.
Cynara (Artischoke) 378. 380.
Zynareen **136.** 166.
Zynipiden 238.
Cynips 197. 299.
Cyperaceae 391.
Zystolith 71. **72.**
Zytase 120.
Zytisin 200. 357.
Cytisus (Goldregen) 120, 176ff. 200. 349. **351.** 357.

D.

Dactylis 230. 266.
Dahlia 38. 124. 242. 379.
Dammarharz 199. 324.
Daphne (Seidelbast) 342. **343.** 348.
Darrmalz 397.
Datteln 389.
Dattelpalme = Phoenix.
Datura (Stechapfel) 200. 241. 365. **368.**
Daturin 200.
Daucus (Mohrrübe) 38. **39.** 64. 179. 189ff. 231. 235. 336ff. **341.** 346.
Dauergewebe 85.
Deckelkapsel 56.
Deckspelze 391ff.
dekussiert 16.
Degeneration 217.
Delesseria **257.**
Delphinin 324.
Delphinium (Rittersporn) 196. 310. 324.
Dermatomykosen 267.
Desinfektion 252.
Desmidiaceae **8.** 81. 257.
Dextrose 120.
diadelphisch 47.
Diagramm 293.
Dianthus (Nelke) 132. 241. 303. **305.**
Diastase 113. 120. 206.
Diatomeae (Kieselalgen) 81ff. 138. 182ff. 257. **259.**
Dickenwachstum 85, anomales D. 99. **100.**
Dickfuß 282.
Dichasium **52.**
Dichotomie **10.** 19, falsche D. 20.
Diklinie 44.
Dicotyledonae 30. **37.** 294ff.
Dictamnus 326. 329.
didynamisch 361.
Digalen 371.
Digitaleïn. Digitalin, Digipuratum 371.
Digitalis (Fingerhut) 50. 87. 88. **89.** 195ff. 363ff. **364ff.** 371.
Digitonin 196. 371.
Dill = Anethum.
Dinkel 393.
diözisch 44.
Dionaea 115. 146. 150.
Dioscorea 385ff.
Dioscoreaceae 385.
Dipenten 197.
diploide Generation (Phase) 79.
Diptam = Dictamnus, kretischer D. 329.
Dipteren 236.
Dipterocarpaceae, Dipterocarpus 199.
Dipteryx 186. 355.
Discus 51.
Disposition 23. 239.
Dissimilation 122.
Disteln 32, s. auch Carduus, Cirsium.
Divergenz 16. 17. **19.**
Diwi-diwi 197.
Dolde **52.** 53.
Doldenblütler = Umbelliferae.
Dolichos 355.
Dorema 199. 347.
Dorne 20. 23. 32. **34.**
dorsiventral 14. 130.

Dorstenia 297. 299.
Draba 131.
Draparnaldia **158.**
dreizählig 31. **33.**
dreiachsig 24.
Drogen 259. 269. 282. 284. 286. 287. 288. 290. 298. 306. 321. 328. 333. 346. 356. 359. 370. 381. 386. 391. 398. 399. 400.
Drosera (Sonnentau) 77. 89. 115. 150. 316. 323.
Drüsenzellen 62.
Drüsenhaare 60. 88. **89. 91.**
Drusen 68. **69.** 94.
Dryobalanops 199. 318. 324.
Düngung 115. 183.
Durchwachsung 242.
Duwert, Duwok 287.

E.

Eberdistel 382.
Eberesche 340. 345.
Ebonit 190. 263.
Ecballium 136. 167.
Echinocactus 303.
Echium (Natterkopf) 210. 361.
Edelkastanie = Castanea vesca.
Edelraute 381, —tanne = Abies pectinata.
Edestine 203.
Efeu = Hedera.
Ehrenpreis = Veronica.
Ei, Eiapparat, Eizelle 161.
Eibe = Taxus.
Eibisch = Althaea.
Eiche = Quercus.
Eichel 298, —kakao 298, —kaffee 298.
Eierpflaume 369, —schwamm = Cantharellus.
eiförmige Blätter 31.
einachsig 24, —häusig 44, —jährig 231.
Einbeere = Paris.
Einzelkristall 68. **69.**
Einzellkultur 251.
einfache Blätter 31. **32.**
Eisen 109. 181.
Eisenbakterien 124, —hut = Aconitum.
Eiweiß, Eiweißverbindungen 113. 121ff. 202, —kristalle 63, —spaltung 206, —synthese 114.
Elachista **236.**
Elaeis (Ölpalme) 194. 389.
Elaeosacchara 188.
Elaphomyces 275.
Ellagsäure 197.
Elektrizität, Elektrokultur, Elektrophysiologie 125.
Elefantenläuse 330.
Elettaria 95. 399.
Elfenbein, vegetabilisches **36.**
Elsbeere 340.
Embryo 53. **55.** 160. **164,** —sack **160. 161.** 162. 164.
embryonale Zellen 127.
Emergenzen 89.
Emmer 393.
Emetin 383.
Emodin 196.
Emplastrum lithargyri 195.
Empusa 261.
Emulsin 206.
Enzian = Gentiana; weißer E. 372.
enzymatische Krankheiten 205
Enzyme 204.
Endivie 380.
Endoenzyme 205.
endogene Anlagen 36. **39.**
Endomixis 177.
Endomyces 194. 263.
Endosperm 54. 162.
Engelsüß = Polypodium.
Engelswurzel = Angelica.
Englisch Gewürz 346.
Entelechie 137.
Entkeimung 194. 395.
Entfaltung 139.
entomophil 53. 166.
Entwicklungsmechanik 129.
Ephebogenese 168.
Epidermis 86.
epigyn 49.
Epilobium (Weidenröschen) 55. 320.
Epiphyten 39.
Equisetum (Schachtelhalm) **42.** 64. 73. 115. **282.** 287.
erbliche Krankheiten 232.
Erbse = Pisum.
Erdartischoke 380.
Erdbeere = Fragaria, —kastanie 346, —kohlrabi 319, —eichel 346. 355, —nuß = Arachis, —pistazie 355, —rauch = Fumaria, —schocke 380.
Erepsin 121. 206.
Ergotinin 201. 268.
Ergotismus, Ergotoxin 268.
Erica, Ericaceae 357. **358.**
Erineum 238.
Eriophyes 236. 238.
Erle = Alnus.
Erntekrankheit 235.
Erodium **107.** 167. **325.**
Erysimum 319.
Erythraea (Tausendgüldenkraut) 195. 360. 372.
Erythroxylaceae 326.
Erythroxylon 200. 326. 329.
Esche = Fraxinus.
Esdragon 381.
Essigbaum 326.
Essigsäure 122. 185, —bakterien 122. 254.
Etiolement, Etiolin 213.
Eukalypten, Eukalyptol 348.
Eucalyptus 6. 344. 348.
Eucheuma 259.
Eukupin 200.
Eucyclicae 324ff.
Eugenia 96. **97.** 198. 344.
Eugenol 348.
Euphorbia (Wolfsmilch) 20. 199ff. 226. **230. 231.** 239. **331.** 334. 398.
Euphorbiaceae 199.
Euphorbium 200. 334.
Euphrasia (Augentrost) 363. 371.
Evonymus 195.
Exoascaceae 226.
Exoascus 230.
exogene Anlage 28. 36, — Sporen 154.
Exogonium 38. 361. 372.
Eysenhardtia 356.

F.

Fabae St. Ignatii 372.
Fadenziehen des Brotes 255.
Färberdistel 382, —ochsenzunge 373.
Fäulnis 255.
Faex 263.
Fagopyrismus 202. 301. 305. 307.
Fagus (Buche) 20. 23. 35. **55.** 179. 238. **295.** 299.
Fahne **349.**
Farbmalz 397.
Farbstoffe 63. 206.
Farne 20. 30ff. **41.** 138. 285.
Faselbohne 355.
Fasern 300.
Faserwurzeln 38.
Faulbaum = Rhamnus frangula.
Fehlschlagen 51.
Feige = Ficus carica.
Feldahorn 325, —bohne 353, —salat = Valerianella.
Fenchel = Foeniculum.
Fenchelholz 322, —öl 198.
Fenchon 198.
Fermente 204, geformte F. 205.
Ferula 199. 347.
Fette 63. 68. 113. 121ff. 192. 206.
fette Blätter 31.
Fettbohne 354, —kraut = Pinguicula, —hefe 194. 263.
Feuerbohne 353, —schwamm 282.

fibrilläre Struktur 62.
Fibrovasalstränge 92.
Ficaria 309. **310.**
Fichte = Picea excelsa.
Fichtenreizker 276.
Ficus (Feige) 53. **54.** 72. 199. 203. **220.** 297. 300. 381.
Fieberbaum = Eucalyptus.
fiederspaltig 31. **32.**
Filament 46.
Filzgallen 238.
Filicineae 285.
Filixsäure 285ff.
filtrierbares Virus 249.
Finalmehl 396.
fines herbes 381.
Fingerkraut = Potentilla, —hut = Digitalis.
Fistulina 270. 278.
Fittonia 149.
fixe Lichtlage 142.
Fixierung des Plasmas 62.
Flagellaten 64. 115. 226.
Flagellose 226.
Flavedo 329.
Flechten (Lichenes) 115. 190. 232. 283.
Flechtensäuren 207.
Flieder = Syringa.
Fliegenpilz 201. **280.**
Flocken der Getreidekörner 394.
Flockenblume = Centaurea.
Flores arnicae 382, — chamomillae 357. 382, — cinae 383, — Koso 348, — cyani 382, — graminis 398, — lamii 371, — lavandulae 371, — malvae 322, — rhoeados 322, — sambuci 381, — verbasci 371.
Florideae = Rhodophyceae.
Flügel der Achsen und Stiele 36. 39, — der Schmetterlingsblüte **349.**
flüssige Gewebe 85.
Flugbrand 267, —haare 88. **92.**
fluoreszierende Glykoside 196.
Foeniculum (Fenchel) 336ff. 346.
Folgeform 30.
Folia althaeae 87. **90.** 96. 322, — belladonnae 370, — betulae 299, — boldo 322ff., — castaneae 299, — coca 186. 200. 329, — digitalis 371, — eucalypti 348, — farfarae 87, — hyoscyami 371, — jaborandi 200. 329, — juglandis 299, — lauri 198, 321, — malvae 96. 322, — melissae 371, — menthae 371, — nicotianae 371, — rosmarini 371, — salviae 371, — sennae 31. **33.** 50. 196. 356, — stramonii 94. 371, — trifolii fibrini 372, — uvae ursi 358ff.
Folliculi sennae 356.
Fomes 282.
formae speciales 230.
formloser Thallus 7.
Formosakampfer 324.
Fragaria (Erdbeeren) **23.** 24. 57. 132. 179ff. 186. 320. 342. 345. 347.
Fragmentation der Kerne 74.
Franzosenkraut 379.
Frauenmantel = Alchimilla.
Fraxinus (Esche) 47. 132 186. 196. 360. 372.
Fremddienlichkeit 240.
Fritillaria 50. **51.**
Froschlaichpilz 250.
Frostkrebs 224, —leisten 223, — spalten 222ff., —spanner 239.
Frucht 56. 57, Verbreitung 167.
Fruchtblatt 43. **45,** — knoten 44. **45. 46.** 48. **49,** —zucker 187.
Fruktose 187.
Fructus anisi 346, — a. stellati 322, — aurantii 329, — capsici 371, — carvi 346, — colocynthidis 383, — foeniculi 346, — juniperi 292, — lauri 322, — myrtilli 359, — rhamni catharticae 328.
Fuchsia 241.
Fuchsschwanz 394.
Fucus 130. 160. 164. 182. 225. **256.** 260.
Fuligo 248.
Fumaria (Erdrauch) 312. **315.** 322.
Fungus cynosbati 347, — laricis 282.
Funiculus **160.**
Fuselöl 114.
Futtererbse 353, —wicke 354.

G.

Gänseblümchen 379.
Gänsefuß = Chenopodium.
Gärung 125ff.
Gäsel 336.
Galaktan, Galaktose 189.
Galanga 399.
Galanthus (Schneeglöckchen) **241.** 384. 388.
Galbanum 199. 347.
Galeopsis (Hohlzahn) 182. 361. 371.
Galgant 399.
Galgenmännlein 365.
Galinsoga 379.
Galium (Labkraut) **374.** 382.
Gallae chinenses 330, — halepenses 197. 259.
Gallen, Galläpfel 130. 217. 230ff. 236ff. **238. 239.** 276.
Gallert 73. 250.
Gallmilben 236.
Gallussäure, Gallusgerbsäure 197.
Gambir 383.
Gametangien 158.
Gameten 78 **158.**
Gametophyt 163.
Garbanzos 354.
Garcinia 318. 324.
Gartenbohne 353, —kerbel 337, —dost 370, —gleiße 336, —fisole 353.
Gasteiner Tee 356.
Gauchheil = Anagallis
Gaultheria 359.
gezähnte, gekerbte Blätter **94.**
Gekrösezellen 370.
Geduldsampfer 306.
Gefäße 90. **93.** 97ff. 100. 116.
Gefäßbündel 92. **93.**
gefiederte, gefingerte Blätter 31. **33.**
geflügelte Stiele 35. **39.**
gefüllte Blüten **241.** 242.
gegenständige Blätter 16. **18.**
Geizen 325.
Geißeln 80. 135. 138.
Geißfuß 336.
geistige Gärung = Alkoholgärung.
gelappte Blätter 31.
Gelbmännchen 276, —rost 230. 231, —wurzel 399.
Gelbsucht 355.
Gelegenheitssaprophyten 115.
Gelenke 141ff. 145ff.
Gelidium 259.
Gelose 259.
Gelseminin, Gelsemium 360. 372.
Gemini 79.
Gemmae populi 299.
Gemüse 297. 303. 319. 333.
Generationswechsel 163. **165.**
Genista (Ginster) 357.
Gentiana (Enzian), Gentianaceae 360. 370. 372.
Georgine 379.
Geotropismus 139. **140. 141.**
Geraniaceae **325.**
Geraniol 323.
Geranium (Storchschnabel) 325. 328.
Gerbstoffe 197.
Germer = Veratrum.

gesägte Blätter **34**.
Gescheine 325.
geschlechtliche Vermehrung 156.
Geschlechtsbestimmung 175, —charaktere 44, —organe 44, —zellen, —kerne 62.
geschlossene Organismen 2.
Getreide, Getreidekorn 21. 56. 94. **96**. 114. 203, s. auch Triticum, Secale, Hordeum.
Geum (Nelkenwurz) 342.
Gewebe, Gewebelehre 58, 82.
Gewürze 346. 381.
Gewürznelke (-Näglein) = Eugenia.
Giftpflanzen 287. 288. 292 306. 324. 330. 334. 348. 357 359. 373. 383. 388. 391. 398
Glandes 299.
Glanzstärke 369.
Glaskirsche 341, —kraut 298.
Glechoma (Gundermann) 361ff. 369.
Gliadine 203.
Gliederschote **56**. 313.
Globoide 68.
Globuline 203.
Gloecocapsa 248.
Glucke 279.
Glukose 120. 126. 187.
Glückshändchen 38.
Glumae 391.
Glumiflorae 391.
Glyceria 394ff.
Glyzerin 126. 186.
Glycine = Wistaria.
Glycobacter 254.
Glykogen 189.
Glykoside 195. 206.
Glycyrrhiza 349. 355ff.
Glyzyrrhizinsäure 196.
Gnadenkraut = Gratiola.
Goa Powder 356.
Goldlack 313, —regen = Cytisus, —siegelwurzel 322.
Gomphocarpus 372.
Gonidien 115, 283.
Gossypium (Baumwolle) 323.
Gracilaria 259.
Gradzeile 17.
Gramsche Färbung 250.
Gramineae (Gräser) 53, 73, 83, 127. **141**. **391**ff.
Graminol 398.
Granatapfel = Punica.
Granne 392.
Gratiola (Gnadenkraut) 363ff. 371. 373.
Graupen 395.
Grieß 395.
Griffel **46**.
Großkörner 66.
Grünalgen 258, —malz 397.
Grütze 395.
Grundgewebe 92, —spirale 17. **19**.
Guajakharz, Guajacum 199. 329.
Guanidin, Guano 201.
Guarana 201. 328.
Guignardia 326.
Gummi 73, G. arabicum 224. 357, —baum 344, —fluß 224, —gallen 224, —harz 199.
Gummigutt 324.
Gummosis 224.
Gundermann = Glechoma.
Gurke = Cucumis sativa.
Gurunüsse 320.
Guttapercha 200. 359.
Guttation 117ff. **119**.
Gutti = Gummigutt.
Gymnospermae 44. 77. 289ff.
Gynaeceum 44. **45**. **46**.
Gynostemium 399.
Gyromitra 275.

H.

Haare 87. **88**. **89**. **90**. **91**. **92**. 221.
Haberlandtbohne 354.
Habichtspilz 278.
Hadromal = Lignin.
Hämatoxylin 357.
Haematoxylon 350. 357.
Händchensalep 400.
Hafer = Avena, —kakao 397.
Haftscheiben 9.
Hagebutte 57. 64. 320. 345. 346ff., s. auch Rosa.
Hagenia 348.
Hahnenkamm 242, —fuß = Ranunculus.
Hainbuche = Carpinus.
Halbparasiten 114. 363.
halbtrocknende Öle 193.
Hallimasch 125. 277.
Hamamelis 348.
Hamburger Tee 356.
Hancornia 373.
Hanf = Cannabis.
haploide Generation (Phase) 79.
Hapteren 9.
Haptotropismus 143. **144**.
Hartriegel = Cornus mas.
Harze 197ff.
Harzgänge 96.
Harnstoff 123.
Hartharz 199, —heu 316.
Haschisch 299.
Haselnuß = Corylus, —wurz = Asarum.
Hasenampfer 325, —niere = Asarum.
Hauhechel = Ononis.
Hausschwamm = Merulius.
Haustorien 227.
Hautschicht 59.
Hedera (Efeu) 131.
Hederich = Raphanus raphanistrum.
Hefe 77. 78. **81**. 114. 125. 183. 205. 266. **262**.
Heide, Heidekraut 358.
Heidelbeere 357ff.
Heilkraut 336.
Heinrich, guter 303, — stolzer 361.
Helianthus (Sonnenrose, Topinambur) 177. 179. 189. 194. 379. 380.
Heliotropismus **142**. **143**.
Helix 338.
Helleborus (Nießwurz) 51. 132. 195. 309. 310. **311**. 323ff.
Helmbohne 355.
Helodea (Wasserpest) **15**. 60. 111.
Helvella 272. 275. 293.
Hemileia 232.
Hemipteren 236.
Hemizellulose 189.
Hepatica (Leberblümchen) 307.
Hepaticae s. Lebermoose.
herablaufende Blätter 36.
Heracleum (Bärenklau) 347.
Herba absinthii 382, — ballotae 371, — botryos 306, — cannabis indicae 298, — cardui benedicti 362, — centaurii 372, — chenopodii 306, — cichorii 382, — conii 348, — convallariae 388, — equiseti 287, — galeopsidis 371, — hyoscyami 371, — jaceae 322, — ledi 359, — lobeliae 383, — lycopodii 288, — meliloti 356, — origani 371, — parietariae 298, — polygoni 306, — serpylli 371, — thymi 371, — vincae 372, — violae tricoloris 322.
Herbstapfel, —birne 344, —blüher 132, —zeitlose = Colchicum, —färbung 63.
herzförmige Blätter 31. **32**.
Herkuleskraut 336.
hermaphrodit 44.
Herniaria 303. 306.
Herpes 267.
Herzkirsche 341.
Heterözie = Wirtswechsel.
Heterodera 226.
Heterodinium **8**.
Heterophyllie 33.
heterospore Kryptogamen 164.
heterotroph 111. 114ff.
Heublumen 398, —fieber 398.
Heuschrecken 240.

Hevea 199. 331. 334.
Hexenbesen 231. 236, —mehl 288.
Hieracium (Habichtskraut) 168.
Himbeere 342, s. auch Rubus.
Himmelschlüssel 358.
Hippomane 334.
Hippophaë (Sanddorn) 342. 345.
Hirschbuff, —brunst 274, —zunge 286.
Hirse = Panicum.
Hirsekissen 398.
Hirtentäschel = Capsella.
histioide Gallen 230. 237.
Histiologie 82.
Hochblätter 30. **31.**
Hoftüpfel **99.**
Hohlzahn = Galeopsis.
Holz 97 ff. 178.
Holzfasern 97. **100**, —geschwulst 235. 265, —pflanzen 131, —stoff = Lignin, —teil 92.
Holunder = Sambucus.
Homero = Homerianatee 287. 306.
Honig 187. 188.
Hopfen = Humulus, spanischer H. 371.
Hopfung 298.
Hordeum (Gerste) 66. 179 ff. 203. 230. **393** ff.
Hühnerdarm = Anagallis.
Hüllblätter 374.
Hülle, Hüllchen 334.
Hüllspelzen 391.
Hülse 56, s. auch Ilex.
Hülsenfrüchte = Leguminosae.
Huflattich = Tussilago.
Humulus (Hopfen) 35, **91.** 295. **296.** 298.
Hundspetersilie = Aethusa.
Hundswürger = Vincetoxicum.
Hutzeln 344.
Hutpilze 269. **270** ff.
Hyacinthus 384.
Hydrastis, Hydrastin 322.
Hyoszin 371.
Hyoszyamin 370.
Hyoscyamus (Bilsenkraut) 365. 367. 370 ff.
Hypericum (Johanniskraut) 316. 323.
Hysterophyta 344.

I.

Iatrorrhiza 321.
Ikterus 210.
Iktrogen 355.
Ilex (Hülse, Stechpalme) 32. 131. 201. 325. 328, s. auch Matte.
Illicium (Sternanis) 57. 198. 322.
Immergrün 36. 131.
Imidazol 200.
Impatiens (Balsamine) 50. 119. 166. 211. 241.
Immunisierung, Immunität 233. 240.
Imperatoria (Meisterwurz) 347.
inäquale Teilung 171.
Inkubation 232.
Indicum 357.
Indigo, Indigofera 196. 333. 357. 396.
Indusium **41.**
Infektionskrankheiten 225. 255.
infektiöse Chlorose 219.
Infloreszenz = Blütenstand.
Infusorienerde 258. **259.**
Ingwer = Zingiber.
insektenfressende Pflanzen, Insektivoren 31. 115. 121. 206.
Insektenpulver 383.
Integumente **160.** 163.
interkalares Wachstum 9. 129.
Interzellularräume 82. **83.**
Internodium 15. **16.**
Intoxikationen 215.
intravitale Färbung 108.
Intussuszeption 70.
Inulase 206.
Inulin 120. 189. 206.
Invertase 206.
Invertzucker 187.
Involutionsformen 250.
Ipomoea 361.
Iridaceae 385.
Iris (Schwertlilie) 25. 26. **27.** 51. 65. 385. 386. 388.
Iron 387.
Isatis 196.
isländisch Moos 284.
Isochinolin 200.
Isogamie 78. 157. **158.**

J.

Jahresring **98.**
Jalapa 361.
Jamaicapfeffer 346.
Japankampfer 199.
Jasminwurzel 372.
Jesuitenbalsam 357.
Jesuitentee 306.
Jod 182.
Jodreaktionen 61. 62.
Johannisbeere = Ribes, —brot = Ceratonia, —kraut = Hypericum, —trieb 132.
Judenkirsche = Physalis.
Jugendform **30.**
Juglandaceae 294.
Juglans (Walnuß) **57.** 93. 179. 181. 184. 189. **294.** 297 ff. 299.
Juliflorae 294 ff.
Jungfernöl 369, —rebe = Ampelopsis.
Juniperus (Wacholder, Sadebaum) 29. 44. 185. 199. 202. 289.
Jute 324.

K.

siehe C.

L.

Labkraut = Galium.
Labellum 400.
Labiatae (Lippenblütler) 50. 51. 88. 197 ff. 361.
Labrador 359.
Laburnum 176 ff., s. auch Cytisus.
Lakmus 207.
Lakritze 335 ff.
Lactaria 271. 276 ff. 282.
Laktose 206.
Lactuca (Salat, Lattich) 96. 179 ff. 189. 199 ff. 203. 382 ff.
Lactucarium 200. 382.
Längszellen 83. **85.**
Lärche = Larix.
Lärchenschwamm 282.
Läusekörner 324, —essig, —samen 388.
Lävulose 120.
Lambertnuß 297.
Laminaria **13.** 14. 182. 259.
Lamium (Bienensaug) 361. **362.** 369.
Landolphia 199. 360. 373.
lanzettlich 31.
Langtrieb **12. 13. 22. 23. 34.** 324.
Larix (Lärche) 23. 131. 282. 290.
Laserpitium 372.
Lathyrismus 354.
Lathyrus (Platterbse) 354.
Latsche 290.
Lattich = Lactuca.
Laubblätter 30 ff.
Laubmoose 138. 153. **165.** 284.
Lauch = Allium.
Laudanum 322.
Lauraceae 198 ff. **318.**
Laurus (Lorbeer) 49. 95. **318.** 321 ff.
Lavandula 88. 371.
Lavendelöl 186. 198.
Lebkuchen 397.
Lebensbaum 290.
Lebensdauer 131.
Lebensmittelgewerbe 254. 259. 261. 264. 267. 273. 284. 285. 287. 292. 297. 303. 319. 326. 332. 344. 351. 358. 366. 379. 385. 389. 394. 399. 400.

Leberblümchen **307**.
Lebermoose 68. 130. 138. 153. 284, —pilz 278.
Lecanora 185. 207. 372.
Lekanorasäure 207.
Lezithin 114.
Ledum (Porst) 358ff.
Legföhren 290.
Legumin 353.
Leguminosae (Hülsenfrüchte) **47**. 66. 94. **96**. 116. 201ff. 233. 349.
Leinkraut = Linaria, —dotter 319, —öl 193, —ölsäure 192.
Leitbündel 90. 116.
Leitfähigkeit 147.
Lens (Linse) 179ff. 188. 202. 349ff. 353.
Lentizellen 100.
Leonurus 371.
Lepidium 132. 141. 323.
Lepiota 271. 278.
Lerchensporn = Corydalis.
Leuchtgas 216.
Leucojum 384. 388.
Leukoplasten 64. 65.
Leukosin 203.
Levisticum (Liebstöckel) 337. 346.
Lianen 91.
Lichen islandicus 284.
Lichenes 283ff.
Lichenin 190.
Licht, Produktion 125. 255, — Wirkung auf Organismen 130. 253.
Lichtlage 142ff.
Lichttod 215.
Lichtheimia 266.
Liebersche Auszehrungskräuter 372.
Liebstöckel = Levisticum.
Lieschkolben = Typha.
Lignin 191.
Lignum guajaci 329. — nephriticum 196. 356, — quassiae 329, — sanctum 329, — sassafras 322, s. auch Alburnum.
Ligula 34. **38**. 391.
Liguliflorae **376**.
Liguster, Ligustrum 360.
Liliaceae 132. 383.
Lilie = Lilium.
Liliiflorae 383ff.
Lilium (Lilie) 47. 48. 163.
Limabohne 354.
Limone 197.
Linaceae 325.
Linalool 186. 196. 323.
Linaria (Leinkraut) 50. 152. **363**. **371**.
Linde = Tilia.
linealisch 31. **38**.
Linimentum 199.
Linné's System 243.
Linoleum 195.
Linse = Lens.
Linum (Lein) 46. **55**. 68. 73. 93. 194. 203. 325.
Lipasen 121. 193. 206.
Lipoidtheorie 108.
Lippenblütler = Labiatae.
Liquidambar 199. 348.
Lithophyllum 181.
Lithothamnium 181.
Lobelia 373. 383.
loco disease, loco weeds 354.
lodiculae 391.
Löwenzahn = Taraxacum.
Loganiaceae 360.
Lolium 168. 235. 242. 394. **395**ff. 398.
Lonicera 50. 374. **375**.
Lorchel.
Lotte 325.
Luzerne = Medicago.
Luftwurzeln 39.
Lungenkraut 361, —flechte, —moos 284.
Lupine, Lupinus 31. **33**. 200. 349.
Lupinidin, Lupinin, Lupinose 355.
Lupulinum 238.
Lycium (Bocksdorn) 365.
Lycoperdon 123. 279. 283.
Lycopersicum = Tomate 185. 219. 365.
Lycopodiaceae 287ff.
Lycopodium 29. 287ff.
Lycoris 62.
Lymphhonig 292.
Lysine 234.

M.

Macis 55. 194. 321.
Macrocystis 7.
Macropiper 299.
Mahonia 311.
Makrosporen, Makrosporangien **43**ff. 164.
Makrosporophylle **43**.
Madurafuß 267.
Mäusetyphus 240.
Magnesium 109. 181.
Mahonia 320.
Majanthemum 283.
Maizena 397.
Maiblume 383, —kirsche 341, —glöckchen 383, —pilz 276.
Majoran 270.
Mais = Zea.
Maisbrand 269.
Maische 255. 327.
Maismon 397.
Malz 397.
Malzkaffee 397, —zucker 88. 206, —extrakt 397.
Malefizöl 334.
Malerkrankheit 290.
Malignität 209.
Maltose 188. 206.
Mallotus 334.
Maltose = Malzzucker.
Malva, Malwe 72. **56**. 72. 73. 317. **318**. 322.
Malvaceae 317. **318**.
Mammutbaum = Sequoia.
Manzanilla 334.
Mandarine 327.
Mandelbaum, Mandeln 56. 194. 195. 342ff. 347, —kleie, —milch 347, —öl 194. 347.
Mandragora 200. 365.
Mangan 216.
Mangold 305.
Manihot, Maniok 199. 331ff. 324.
Manna 372, —esche 372, —gras 394.
Mannan 189.
Mannit 186.
Mannose 189.
Manschette 271.
Maranta 6, 71, 399.
Marantaceae 399.
Maraschino 345.
Marasmius 278.
Marchantia 12. **13**.
Markstrahlen 98.
Marennin 259.
Marienblatt 381.
Maronen 179. 190. 295. 297.
Marsdenia 361. 372.
Marsilia 31.
Maryland-Tabak 370.
Masern, Maserknollen 224.
Mastix 199. 329ff.
Materna 395.
Matte 186. 201. 328ff.
Matteïn 328.
Matricaria (Kamille) 379. 382.
Maulbeerbaum = Morus.
mechanisches Gewebe 93.
Meconium 322.
Mekonsäure 200. 322.
Medicago (Luzerne) 349. 355.
Meerzwiebel = Urginea.
Meereichenpulver 260.
Meerrettich 319.
Mehl 395.
Mehlbeere 340, —milbe 297. —tau 226ff. 234. 326.
Meisterwurz = Imperatoria.
Melaleuca 198. 348.
Melampyrum (Wachtelweizen 363. 396.
Melandrium 231.
Melasse 305.

Melde = Atriplex, Chenopodium.
Melilotus (Steinklee) 186. 347. **350**. 355.
Melissa, Melisse **32**. **50**. 198. 371.
Melone = Cucumis melo.
Membran = Zellwand.
Membranstoffe 189.
Mendeln 172 ff.
Menolysin 201. 383.
Mentha (Minze) 188. 361 ff. 370 ff.
Menyanthes (Fieberklee) 31. **33**. 360. 372.
Mercurialis (Bingelkraut) 175. 182. 331. **332** ff.
Meristem 127.
Merulius (Hausschwamm) 269. 282. **283**.
Mescal buttons 306.
Mesophyll 92.
Mespilus (Mispel) 340.
metachromatische Körner 250.
Metroxylon 389.
Meum (Bärwurz) 347.
Micrasterias **8**.
Micrococcus 258 ff.
Microsphaera 233.
Mikropyle 161.
Mikrosome 59.
Mikrosporangium, Mikrosporen **43** ff. 164.
Mikrosporophylle **43**.
Microsporon 267.
Milben 236 ff., —gallen, häuschen 236.
Milch 96.
Milchbuschsalat 379.
Milchzucker 206, —röhren 81. 85. 95. 96. 222, —saft 181. 199. 201. 239. 271, —säure 126. 185, — —bakterien, — —gärung 126. 254. 319. 396.
Milium 230.
Mimosa **145**. **146**. 150. 351.
Mimosaceae 351.
Minze = Mentha.
Mineralbestandteile 180 ff.
Mineralhefe 263.
Minirer **236**. **237**.
Mirabilis 172. **173**. 220.
Mispel = Mespilus.
Mistel = Viscum.
Mitose 74.
Mittellamelle 181.
mittelständig **49**.
Möhre = Daucus carota.
Mönchsrhabarber 306.
Mohn = Papaver.
Mohnöl 193. 320.
monadelphisch 47.
Mondamin 397.
Mondbohne 354, —raute 285.
Monilia 267.
Monochasium 52.
monözisch 44.
Monokotyledonen 30. 38. 61. 383 ff.
monopodial **10**.
Moor-, Moorheidelbeere 358.
Moose 79. 284.
Moospetersilie 336.
Moraceae 199. 296. 297.
Morchel, Morchella **273**. 275.
Morelle 341.
Morphin 200.
Morphologie 6 ff.
Morus (Maulbeerbaum) 32, 187. 296 ff.
Moschuskörner 323.
Most 327.
Mostrich 321.
Mucor **12**. 155. **157**. 159. 264.
multipolare Kernspindel 74. 77.
Mungobohne 355.
Musa (Banane) 179. 185. 398.
Musaceae 398.
Muskardine 266.
Muskarin 201. 273.
Muskatblüte 321, —butter 194. —nuß = Myristica. —öl 198.
Muskateller 327.
Musci = Laubmoose.
Musseron 278.
Mutation 170 ff. 254.
Mutterkorn = Claviceps, —kümmel 346, —nelke 346.
mutualistische Symbiose 232.
Myzelinfektion 227.
Mykozezidien 230 ff.
Mycoderma 254. 263.
Mykoplasma 232.
Mykorrhiza 233.
Mykosen 226 ff.
Myelinformen 193.
Myosotis (Vergißmeinnicht) 361.
Myristica (Muskatnuß) 54. **55**. 57. 95. 194. 198. 318. 321. 324.
Myristizin 198.
Myrosin 188. 206.
Myroxylon 199. 357.
Myrrha 199. 329.
Myrtaceae 197 ff. 344.
Myrtus (Myrte) 96. **344**.
Myxomycetes (Schleimpilze) 7. 85. 226. 248.
Myzoxylus 239.

N.

Nabel 53.
nackte Blüten 47, — Zellen 80.
Nachtschatten 365.
Nadeln **29**, 31. 34.
Nährgewebe 53, —hefe 263, —lösungen 110.
Nahrungsmittelsaponine 197.
Nanismus 211.
Narbe **46**.
Narcissus 384. 388.
Narkeïn, Narkotin 201.
Narkose 217.
Narrentaschen 230, —unkräuter 354.
Nastien, nastische Bewegungen 137. 145 ff.
Nasturtium 319. 323.
Natrium 182.
Natternkopf 361, —zunge 205.
natürliches System 243.
Navicula 259.
Nebenblätter 29, —wurzeln 36. **40**.
Nektar 50. 166. 261.
Nektarien 50. **51**. **311**.
Nelken 303, s. auch Gewürznelken, —öl 198, —pfeffer 346, —stiele 346, —wurz 342. 347.
Nematoden 226.
Nepenthes 115.
Nereocystis **7**.
Nerium (Oleander) **17**. 360. 373.
Nervatur, Nerven der Blätter 33. **37**. 90.
Nervengewebe 97.
Nessel = Urtica.
Nesselsucht 88.
Netzgefäße 91. **93**.
netznervig 34. **37**.
Neugewürz 346.
Neuroterus 238.
Nicotiana (Tabak) 68. 172. 180. 181. 200. 219. 365.
Nikotin, Nikoteïn, Nikotellin 200.
Niederblätter 30.
nierenförmig 31. **32**.
Nießwurz = Helleborus u. Veratrum.
Nitratbakterien 124.
Nitrate 113. 182.
Nitrifikationsbakterien 124. 216.
Nitritbakterien 124.
Nitzschia 77.
Nodus 15.
Nostoc 248.
Nuzellargewebe 170.
Nuces arecae 391, —colae 321, —moschatae 321.
Nucellus **160**. 170.
Nukleasen 206.
Nukleïn 201.
Nucleolus 62. **74**. **75**.
Nukleïnsäure 204.
Nukleoproteïde 182. 204.

Nuphar 78.
Nüsse 56.
nyktinastisch 146.
Nymphaea 147.

O.

Oberblatt 29.
Oberkohlrabi, Oberrübe 319.
oberständig 48. **49.**
Obst 297. 306. 326. 344. 358. 379. 386. 389.
Obstbäume 132, —kerne 194.
Ochrea 35.
Ochsenzunge = Anchusa.
Ocimum 370.
Okulieren 154.
Odermennich = Agrimonia.
Oedipoda 240.
Oedogonium 169.
Öl 297. 319. 328. 355. 369.
Ölbaum = Olea, —bohne 354. —körper 68, —lücken 96. **97**, —palme 68. 194. 389, s. auch Elaeis, —saat 194, —säure 122. 192ff.
offene Organismen 2.
Oidium 264ff. 267.
Olea (Ölbaum) 194. 360. 369.
Oleaceae 360.
Oleander = Nerium.
Oleïnsäure 192ff.
Oleum amygdalarum 195, — anisi 198, — aurantii florum 198, — bergamottae 198, betulae 299, — cadinum 292, — cacao = Kakaobutter, — cajeputi 198. 348, — calami 198. 391, — camphoratum 199, — carvi 198, — caryophyllorum 198. 348, chenopodii 306, — cinnamomi 198, — citri 329, — — croci 398, — crotonis 195. 324, — eucalypti 348, — foeniculi 198, — hyoscyami 371, — juniperi 199, — lauri 322. — lavendulae 198, — lini 195. 292. 328, macidis 198, — menthae 198, — nucistae 198, — olivarum 194. 369, — Palmae Christi 333, —papaveris 193. 320, — ricini 195. 333, — rosae 198, — rosmarini 198, — santali 348, — templini 290, — terebinthinae 198. 290, — thymi 198ff., — tiglii 334.
Olibanum 199. 329.
oligodynamisch 216.
Olive 194.
Olivenöl 192. 194.
Oncidium 167.
Ononis (Hauhechel) **28**. 349. 355ff.
Onopordon 378, 381.
Oogamie 78. 158. **159**.
Oogonium 160.
Oospore 160.
Ophioglossum 285.
Opium 200. 322.
Opuntien 28. 303. 306.
Orangen s. Citrus.
Orangenblüten, —blütenöl, —blütenwasser 198. 329.
Orchidaceae 38. 39. **40**. 46. 50. 53. 233. 399.
Orchideenöl 323.
Orchis 399. **400.**
organoide Gallen 230ff. 236.
Origanum 329, 370ff.
Orobanche 64. 226. 364.
Orthostichen 17. 37. **40**.
orthotrop 22.
Ortsveränderungen 137.
Oryza (Reis) 67. 183. 188. 266. 394.
Oscillatoria 248.
osmotischer Druck 106.
Osmunda 285ff.
Osterluzei = Aristolochia.
Ouroparia 383.
Oxalis (Sauerklee) 185. 325. 327. 330.
Oxalsäure 185.
Oxydasen 124. 206. 271.
Oxydation 121ff.
Oxyuris 241.

P.

Paeonia 241. 310. 323ff.
Palaquium 200. 358ff.
Paleae stypticae 286.
Palissadengewebe 92.
Palmae (Palmen) 30. 36. 69. 389.
Palmafutter 334.
Palmenwachs 195, —wein 222, 391.
Palmitinsäure 192ff.
Palmöl, Palmkernöl 192. 389, —sago 389.
Panamaholz 348.
Panaschierung 218. **219. 220.**
Panicum (Hirse) 147. 394.
Panin 397.
Paniermehl 396.
Pantherpilz 281.
Papaver (Mohn) 56. 86. 181. 200. 211. 241. 312. **313**. 322. 324.
Papaveraceae 312ff.
Papaverin 200.
Papilionaceae 50. **349**ff.
Pappel = Populus, —rose 318.
Pappus 374ff. 378.
Paprika 365. 369.
Parakautschuk 334, —nuß 344ff., s. auch Bertholletia.
Paradiesapfel 344.
parallelnervig 34. **37.**
Paranátee 328.
Parasiten 114. 225.
Parastichen 19.
Parasolpilz 278.
paratonische Bewegungen 137. 139ff.
Parenchym 82. **83.**
Parfümerie 323.
Parietaria 298.
Paris (Einbeere) 27. 135. 384. **386**. 388.
Parthenogenese 168ff. **170.**
Parthenosporen **169.**
Passulae 327.
Pasteurisieren 252.
Pastinak, Pastinaca 326.
Pathologie 208ff.
Paullinia 201. 325. 328.
Pekoe, Pekko 320.
Pektinverbindungen 192.
Pektose 192.
Pediococcus 82.
Pelargonidin 196.
Pelargonium 325.
Pellionia **65.**
Peluschke 353.
Pemphigus 238.
Penghawar-Yambi 286.
Penicillium **155**. 217. **264**ff.
Pentacyclicae 357.
Pentosane 191.
Pentosen 187. 191.
Pepsin 121. 206.
Pepton 124.
Perzeption 147ff. 149.
perennierende Pflanzen 131.
Perianth 47.
Perikarp **56**. 57.
Periklinalchimären 176.
Peridineen S. 64. 81. **82**. 257.
Perigon **48.**
Perigordtrüffel 274.
perigyne Blüten 49.
Periode, große 129.
Periplasmodium 72.
Periplast 80.
Perisperm 54. 163.
Perlkaffee 381, —graupen, 395, —pilz 281, —zwiebeln 384.
Peronospora, Peronosporaceae 232. 326.
Perubalsam 199. 357.
Perückenbaum 326.
Petersilie 336ff.
Petroselinum 336ff.
Peumus 322.
Pfaffenröhrlein 376.
Pfeffer = Piper, türkischer, spanischer Pf. 369, —kraut 370, —minze 370.

Pfefferminzöl 198.
Pfeifenstrauch=Aristolochia.
pfeilförmige Blätter 31.
Pfeilwurz 399.
Pfifferling 276.
Pfingstrose 310.
Pfirsich 195. 341, s. auch Prunus.
Pflaumen 20. 195. 230. 341. 345, s. auch Prunus.
Pfropfbastard 176.
Pfropfung 154.
Phänologie 131.
Phaeophyceae (Braunalgen) 258.
Phalaris 398.
Phanerogamae 288ff.
Phasenwechsel 163. **165.**
Phaseolunatin 196. 354.
Phaseolus (Bohne) 53. 141. 179ff. 188. 196. 202. 349. 353ff. 356.
Phleum 392. 394.
Phlobaphene 207.
Phoem 92.
Phlorogluzinprobe 73.
Phoenix (Dattelpalme) 53. 57. 95. 187. 389.
Pholiota 272. 277.
Phosphor 109. 181.
Photogen 125.
Photosynthese 110ff., —taxis 138. 217.
Phragmites 394. 398.
Phragmoplast 75. **77.**
Phykozyan 63. 248.
Phykoerythrin 63.
Phycomyces 157. **158.** 159.
Phycomycetes 261.
Phyllokladien 28.
Phyllodien 35.
Phylloxera 239ff. 326.
Physalis (Judenkirsche) 57. 365. 369.
Physiologie 102.
Physostigmin 356.
Phytelephas **86.** 93. 95. 391.
phytophage Pilze 267ff.
Phytosterin 193.
Picea (Fichte) 44. 194. 199. 289ff.
Picrasma 329.
Pilzzellulose 192.
Pilze 61. 79. 125. 226ff. 248. 260ff.
Pilzzellen 230ff.
Pilobolus 136.
Pilocarpus 200. 329.
Piment, Pimenta 346.
Pimpernuß 327ff.
Pimpinella (Bibernell) 336ff. 346.
Pinen 197ff.
Pinguicula (Fettkraut) 115. 364.
Piniolen 292.
Pinselschimmel = Penicillium.
Pinus (Kiefer) **20.** 29. 44. 131. 211. 288. 290ff.
Piperaceae 297.
Piper (Pfeffer) 95. 200. 297ff.
Piperin 200. 298.
Pirus (Apfel, Birne) **49.** 93. 179ff. 186. 189. 194. 224. 339ff.
Pisang 398.
Pisse en lit 380.
Pistacia 199. 326ff. 329ff.
Pistazienmandeln 327.
Pisum (Erbse) 54. 179ff. 188. 202. 349ff. **353.**
Pix 290.
Placenta seminis lini 328.
Plakophyten 81.
plagiotrop 22.
Plantaginaceae, Plantago (Wegebreit) **23**ff. 365. **368.** 370ff.
Plasma = Protoplasma.
Plasmodesmen 84.
Plasmodiophora 226. 228. 234ff. 248.
Plasmodium **7.**
Plasmolyse 103. **104.** 217. 222.
plasmolytische Methode 106.
Plasmopara 326.
Plasmoptyse 104. **105.** 136.
Plastokonten, Plastosomen 64.
Platanthera 400.
Platanus 87.
Platzminierer **236.**
Plattenkultur 251.
Plent, Plente 305.
Pleurosigma 259. **260.**
Plumula 54.
Poa 230.
Pockenwurzel 388.
Podophyllum 311 322.
poikilotherm 124. 253.
Poinsettia 30. **31.**
Polarität 134. 221. 225.
Polkerne 161ff. **170.**
Polenta 305.
Polioplasma 59.
Pollantin 398.
Pollen, Pollenkörner 44. 46. **72.** 105. 288. —schlauch 161. **162. 163.**
Pollinien 46. 361.
polyadelphisch 47.
Polychroit 388.
Polyembryonie 170.
Polygala (Kreuzblumen) Polygalaceae 325. 329.
Polygonaceae 35. **270. 300.**
Polygonatum (Weißwurz) 26. 383. **385.** 388. 398.
Polygonum (Knöterich) 182. 300. **301.** 306.
Polymorphismus der Bakterien 253.
polymorphes Laub 32. 36.
polynukleäre Zellen 81.
Polypodium 285. 286.
Polyporus 282.
Polysaccharid 188.
Polyspermie 168.
polysymmetrisch 14.
Pomeranze s. Citrus.
Pompelmus 327.
Populus (Pappel) 166. 223. 224. **238.** 294. 299.
porizide Kapsel **312.**
Porre 384.
Porst 358, —kampfer 359.
Porter 355.
Portlandsago 390.
Portulak, Portulacca, Portulakmelde 304.
Potamogetonaceae 398.
Potentilla (Fingerkraut) 343. 347.
Potetometer **118.**
Poudre de riz 369.
Prachtbohne 353.
Präsentationszeit 150.
Prävalenzregel 172. **174.**
Preißelbeere 358.
Preßhefe 262.
Primärblätter **30.**
primäre Gewebe 85.
Primula **91.** 320. **358.**
Primulaceae **358.**
Prochromosome 77. **78.**
Prodigiosin 255.
Prosenchym 82 **83.**
Protascus 266.
Proteïnkörner 68.
proteïnogene Amine 204.
proteolytische Fermente 121.
proterandrisch 166.
proterogyn 166.
Protococcaceae 258.
Protolgärung 186.
Protoplasma, Protoplast 59. 73, Aggregatzustand 62, Bewegung 60. 317, Inhaltskörper 63ff., Struktur 59.
Protosiphon 160.
Provencer Öl 369.
Prünellen 345.
Prunus (Pflaumen, Kirschen, Pfirsich, Aprikose, Schlehe) 28. 49. 73. 93. 179ff. 186. 187. 194. 203. 320. 339ff. **342.** 347.
Psalliota (Champignon) **274.** 276.
Pseudoamitosen 75, —parenchym 85. **87. 88.**
Pseudopodien 138.
Psychotria 383.

Pteridium (Pteris, Adlerfarn) 285ff.
Pteridophyten 285.
Pterocarpus 356ff.
Puccinia 227. **229.**
Puffbohne = Vicia faba.
Pulegium 370.
Pulmonaria (Lungenkraut) 361. 369.
Pulpa tamarindorum 187. 356.
Pulque 222.
Pulsatilla **308.** 323.
Pumpernickel 396.
Punica (Granatapfel) 344. 348.
Purgierkörner 334, —leim 328.
Purinbasen 123. 200ff.
Pusteblume 376.
Pyrenoide 63. **64.**
Pyrethrum 383.
Pyridin 200.
Pyrrolin 200.

Q.

Quaker oats 395.
Quassia 329.
Quebracho 372.
Quecke 393. 398 = Triticum.
Quellung 117.
Quellungsdruck 136.
Quendel = Thymus.
Querzellen 83. **85.**
Quercus (Eiche) 31. **34.** 130. 197. 233. 236. 295. 299. 300, Qu. ruber (Korkeiche) 101, Qu. Vallonea 132.
Querwandbildung 77.
Quillaja, —rinde 348, —säure 196. 348, —sapotoxin 196.
Quirl, quirlständig 16.
Quitte = Cydonia.

R.

Rade = Agrostemma.
radiär 14.
Radieschen = Raphanus sativus.
Radix althaeae 322, —angelicae 346, — arthanitae 359, — caryophyllatae 347, — colombo 321, — dictamni 329, — filiculae 286, — gelsemii 372, — gentianae 372, — hirundinariae 372, — ipecacuanhae 39. 186. 383, kava-kava 299, — levistici 346. 356, — liquiritiae 196. 356, — ononidis 356, — — palma Christi 400. — pimpinellae 346, — podophylli 322, — ratanhiae 68. 358, — rhei = Rhizoma rhei, — saponariae 306, — sarsaparillae 32. 388, — scammonii 373, — senegae 329, — sigilli Salomonis 388, — taraxaci 382, — valerianae 381.
Raffination 305.
Ramie 300, s. Boehmeria.
Ranken 32. **35.** 143. **144.**
ranzige Öle 193.
Randblüten 374.
Rangoonbohne 354.
Ranunculaceae 61. 132.
Ranunculus (Hahnenfuß) 32. 57. 132. 156. **307**ff. 323ff.
Raphanus (Rettich, Hederich) 38. 39. 179ff. 216. 319.
Raphe 260.
Raphiden **69.**
Raps = Brassica napus.
Rapunzel = Valerianella.
Räuchseln des Weines 265.
Ratanhia, —säure 356.
Rauke = Sisymbrium.
Rauhweizen 393.
Rauschbeere 358.
Raute = Ruta.
Raygras 394.
Reblaus = Phylloxera.
Rebstock = Vitis.
Reduktionsteilung 79.
Regeneration 224ff.
Regulin 259.
Reizbewegungen 137. 139ff.
Reizker 276ff.
Reizdungmittel 216, —leitung 149, —menge 151, —schwelle 137. 150.
Reifung 131ff.
Reiherschnabel = Erodium.
Reinkultur 251ff.
reine Botanik 3.
Reis = Oryza.
Reismelde = Chenopodium Quinoa.
remontierende Pflanzen 132.
Renntierflechte = Cladonia.
Reproduktionsorgane 40.
Reseda 186.
Reservezellulose 95, —stärke 65.
Resina Dammar 324, — guajaci 329, — jalapae 373.
Resorption von Geweben 224.
Restitution 225.
Resultantengesetz 152.
Resupination 400.
Rettich = Raphanus sativus.
Revalenta 353.
Rhabarber = Rheum.
Rhamnaceae 325. 328.
Rhamnus (Faulbaum, Kreuzdorn) 20. 28. **57. 325.** 328.
Rheum (Rhabarber) 25. 185. 196. 301. **302.** 304. 306.
Rhizobium 114. 116. 233.
Rhizoiden 9.
Rhizom 25ff. 130. 140.
Rhizoma calami **26.** 391, — chinae 388, — contrayervae 300, — curcumae 25, — filicis 286, — graminis 398, — hydrastis 201. 322, — iridis 69, — podophylli 322, — rhei 25. 185. 196. 306, — veratri 387.
Rhizopus 264.
Rhinanthus 363. 396.
Rhodites 347.
Rhododendron (Alpenrose) 358.
Rhodophyceae (Rotalgen) 63. 258.
Rhus 87. 197. 326. 330.
rhythmische Entwicklung 134.
Ribes (Johannis-, Stachelbeere) 185. 192. **212.** 338. **342.**
Rizin, Rizinolsäure 334.
Ricinus 47. 68. 203. 331. **333**ff., —öl 193, —ölsäure 192.
Riesenkerne 61.
Rinde 98ff.
Rindenminierer 237.
Ringgefäße 91.
Rispe **52.** 53.
Rispengräser 392.
Ritterpilz 276.
Rittersporn = Delphinium.
Robinia 349.
Rocambole 384.
Roccella 207.
Röhrenblätter 31. 83, —blüten 374, —pilze **270.** 278. 282.
Röntgenstrahlen 93. 98. 215.
Rohfaser 189, —stoffe 258. 287. 290. 300. 323. 329. 334. 356. 359. 373. 383. 391. 398.
Rohr, spanisches 391.
Rohrkolben 389.
Rohrzucker 120. 187. 206. 305.
Rollblätter 31.
Rollgerste 395.
Rosa (Rose) **33.** 35. **49.** 57. 89. **140.** 241. **242.** 320. 339ff. **342.** 345. 347.
Rosaceae 184. 339. **342.**
Rosahefe 263.
Rose = Rosa.
Rosenkohl 319, s. auch Brassica, —eibisch 318, —öl 186. 198, —paprika 370.
Rosette 15. 74.
Rosinen 184. 187. 327.
Rosmarin, Rosmarinus 31. 88. 199. 361ff., —öl 98.
Roßkastanie = Aesculus.
Rostjahre 232, —pilze = Uredineae.

Rotalgen = Rhodophyceae.
Rotation des Protoplasmas 60.
Rotbuche = Fagus, —dorn = Crataegus, —haut, —häubchen **277**. 278, —kraut 319, —tanne = Picea excelsa.
Rotzbakterien 193.
Rotulae menthae 198.
Rubus (Him-, Brombeere) **49**. 57. 132. 186. 187. 203. 320. 139. 342. 347.
Ruchgras 394.
Ruderalpflanze 182.
Rüben 38, s. auch Beta, Raphanus, Daucus.
Rübsen = Brassica rapa.
Rübstielchen 319.
Rüster = Ulmus.
Ruhelage 140.
Rum 397.
Rumex (Sauerampfer) **16**. 35. 175. 184ff. 300. 304. 306.
Runzelrose 345.
Runkelrübe = Beta.
Ruprechtskraut 328.
Ruß am Getreide 267.
Russula 271. 281.
Ruta (Raute) 326. 328.
Rutaceae 197. 198. **326**.
Rutheniumrot 192.

S.

Saaterbse 353, —platterbse 354.
Sabadilla, Sabadillin, Sabadillsamen 101. 388.
Saccharomyces, Saccharomyzeten (Hefe) 261ff. 327.
Saccharose 187.
Saccharum 188. 394. 397.
Sake 266. 397.
Sadebaum = Juniperus sabina.
Säuren, organische 183.
Safran 355. 388 = Crocus sativus.
Saftfluß 222. 261.
Saftsteigen 119. **120**.
Sago 389.
Sal acetosellae 330.
Salat 380, s. auch Lastuca.
Salatrunkel 305.
Salbei = Salvia.
Salze, Salzstoffwechsel 110.
Salep, s. Tubera.
Salicaceae 295.
Salizin, Salizylsäure, Saligenin 299.
Salix (Weide) 31. **47**. 132. 160. 221. 295. 299. 320.
Salomonssiegel 384.
Salpetersäure 113. 114.
Salvia (Salbei) 361. **363**. 373.
Sambucus (Holunder) **50**. 63. 100. 374. 379ff.
Samen 53ff., —knospe 44. **45**. 160, —eiweiß 53, —mantel = Arillus, —schale 163.
Sanddorn = Hippophaë.
Sandarakharz 199.
Sanguisorba 347.
Sanikel, Sanicula 336. 347.
Santalum, Santelholz 344. 348. 356.
Saponaria 303. 306.
Saponine 196. 355.
Sapotaceae 358.
Sapotoxin 348.
Saprolegnia **156**. **159**. 261.
Saprophyten 115.
Sarcina 82.
Sargassum **13**.
Sassafras 32. **36**. 199. 318. 322.
Satanspilz **281**ff.
Saturei, Satureja 370.
Saubohne = Vicia faba.
Sauerampfer = Rumex, —klee = Oxalis, —kraut 225. 319, —dorn = Berberis.
Sauerstoff 109, —wirkung auf Bakterien 213, — — Wachstum 129.
Sauerteig 396.
Saxifragaceae 338. **342**.
Scammonium 334. 373.
Schachtelhalme 42, 286; s. auch Equisetum.
Schädlinge 225.
Schafgarbe = Achillea.
Schalenobst 345.
Schalotte 384.
Scharbockskraut 309. **310**.
Schattenblume = Majanthemum.
Schauapparate 166.
Schaumstruktur 59.
Scheibenblüten 375.
Scheide 29.
Scheidewände 46.
Scheitelzelle 127, —wachstum 9.
Scheuerkraut 287.
Schichtung der Stärkekörner 66.
Schizoneura **239**.
Schierling, s. Cicuta und Conium.
Schiffchen 349.
Schiffsteer 290.
schildförmige Blätter 31. 32.
Schilf 394.
Schimmelpilze 264ff.
Schlaf der Pflanzen 147.
Schlafapfel, —kunze 347, —bewegungen 146, —mohn **312**, **313**.
schlafende Augen 20. 225.
Schlangenwurz = Calla.
Schlauchalgen = Siphoneae.
Schlechtendalia 330.
Schlehe = Prunus spinosa.
Schleier der Pilze 271.
Schleim 73, —fluß 222, —pilze = Myxomycetes.
Schleuderbewegungen 136.
Schließzellen 86. **88**. **89**, —frucht 56, —haut 84.
Schminkbohne 353.
Schneeball = Viburnum, — beere 374, —berger 388 —glöckchen 384.
Schnittlauch 384.
Schöllkraut = Chelidonium.
Schoenocaulon 388.
Schokolade 320.
Schötchen 313. **316**.
Schote 56. 313.
Schotendotter 319, —erbse 353.
Schrägzeile 19. **20**.
Schraubengefäß 91. **93**.
schraubige Blattstellung 17.
Schrot 395ff.
schrotsägezähnig 31. **34**.
Schuppenblätter **29**.
Schutzholz 224, —stoffe 205.
Schwaden 394.
Schwämme 269ff.
Schwärmsporen 64. 80. 155. **156**.
Schwalbenwurz = Vincetoxicum.
Schwammparenchym 92. **95**.
Schwarzrost 229, —trüffel 274, —wurzel 191. 376. 380.
schwedischer Kaffee 355.
Schwefel 109, —bakterien 124. 250, —kopf 277, —regen 166.
Schwertlilie = Iris.
Scilla 388.
Scitamineae 69. 398.
Sklerenchym 92. 93.
Scleroderma 271. 275. **282**.
Sklerotien 268ff.
Sclerotinia 231.
Scolytus **237**.
Scopolia, Skopolamin 200. 365. 371.
Scorzonera (Schwarzwurzel) 191. 376. 380.
Scrophulariaceae 362. **363**.
Secale (Roggen) 66. **67**. 179. 188ff. 194. 203. 229ff. **392**ff. 398, — cornutum 269.
Sekretzellen 85, —gänge 96, —lücken 96. **97**.
Sekretionsenzym 205.
Sektorialchimären 176.
sekundäre Gewebe 85. 97.
Sedum 31.
Seegras = Zostera.

Seele der Pflanzen 137.
Seidelbast = Daphne.
Seifenkraut = Saponaria.
Seismonastie **145**. **146**.
Seitenwurzeln 140.
Selaginella **43**. 155.
Selbstbestäubung 166, —erhitzung des Heus 125, —gärung 262, —sterilität 167.
Sellerie = Apium.
Semecarpus 326. 330.
Semen calabar 356, — colae 321, colchici 388, cydoniae 347, — cynosbati 347, — foenugraeci 200. 356, — lini 356, — lycopodii 288, — myristicae 321, papaveris 322, — sabadillae 388, — staphisagriae 324, — strophanti 167. 372, — strychni 372, — tiglii 334.
semipermeabel 105.
Senecio (Kreuzkraut) 132. 210.
Senf 351. 323, = Brassica nigra; —mehl 323, —öl 321, —pflaster, —spiritus 323.
Senna, Sennesblätter 356.
Sensibilität 217.
Sequoia 6. 98. 131.
Serratur 31. **34**.
Sesamöl 193. 194. 369.
Sesamum 364. 369.
Sevenbaum 289.
Sexualzellen 78, —kerne 78.
Sexualität 156 ff.
Shikimi 322.
Shorea 318. 324.
Siccostypt 323.
Siebenbaum 289.
Siebröhren 92. 98. 116, —teil 92.
Sievabohne 354.
Silberhäutchen 381, —pappel = Populus alba.
Siliqua dulcis 355.
Silphium 347.
Silybum 382.
Sinalbin 188.
Sinapin 201. 321.
Sinapis (Ackersenf) 132. 188. 194. 313. 319.
Sinigrin 188.
Sinnesepithel 89, —organe 89. 147.
Sinngrün = Vinca.
Sinnpflanzen = Mimosa pudica.
Siphoneae 81. 222. 257.
Sirupus papaveris 322, — rubi 347.
Sisymbrium (Rauke) 313. 323.
sitzende Blätter 35.
Smilax 32. **36**. 384. 388.
Soja, Sojabohne 194. 216. 349.
Soyama 355.
Solanaceae 88. 91. **365**.
Solanin 373.
Solanum (Nachtschatten) 365, — tuberosum (Kartoffel) 24. **25**. 31. **33**. 57. 65. **67**. 94. 114. 179 ff. 188 ff. 203. **213**. 215. 255. 353. 365 ff. 371 ff. 373.
Solidago 383.
Sommerapfel, —birne 344, —eiche 295, —grün 36. 131, —spinat 303, —sporen 228, —trüffel 274, —wurz = Orobanche.
Sonchus 199.
Sonnenblume, —rose 379, —tau = Drosera.
Soorpilz 267.
Sorbit 186.
Sorbus 184. 186. 340. 345. 347.
Sordago 220.
Soredien 284.
Souchong 320.
Spaltalgen = Cyanophyceae, —frucht **56**, —öffnungen 86. **88**. **89**. 112. **117**.
Spaltungsgesetz 172. **173**.
Sparassis 279.
Spargel = Asparagus.
Sparteïn 356.
Spatha 399.
Spathegaster 238.
Species antiscrophulosae 299. — aromaticae 198. 371, — diureticae 356, — emollientes 356, — pectorales 322. 371. 382, s. auch Tee.
spezielle Botanik 243 ff.
Spezifizität der Gewebe 2.
Speicherung 108.
speicherndes Gewebe 94.
Speierling 340.
Speisemorchel 275, —schwämme 272 ff.
Speitäubling 281.
Spelzen **391**. **392**.
Spelt 393.
Sperberbaum 340.
Spermatozoen 80. 138.
Sphagnum 284.
Sphinx 239.
Spiegelrinde 299.
Spierapfel 340.
Spinacia, Spinat 66. 185. 191. 179 ff. 203. 302. **303**, — neuseeländischer Sp. 304.
Spinatsekretin 306.
spiralige Stellung 17.
Spirillen **8**. 249.
Spiritus camphoratus 199, — carvi 198.
Spirochaete 249.
Spirogyra 63. **64**. 159. **169**. 187. 188. 216. 258.
Spirophyllum 124.
Spitzahorn 325.
Spitzenwachstum 9.
Spitzmorchel 275.
Splint 99.
Sporangium **41**. **42**. **43**. 155 **157**.
Sporkelblume 384.
Sporen 42. 154 ff., —mutterzellen 155.
Sporn der Blüten 50.
Sporophyll 42.
Sporophyt 163.
Spreublätter (Farne) 286, (Kompositen) 375.
Spritzgurke = Ecballium.
Sproß 6. 14 ff.
Sproßdorn **28**, —pilze 261 ff., —pol 9, —ranken **21**. 28.
Sprossung **81**.
Stachel 89.
Stachelbeere 338. 345, —pilze 270. 278.
Stachys (Ziest) 369.
Stärke 107. 120. 179 ff. 188. 206. 297 ff. 328. 333. 386, 389 ff. 394 ff., — rote St. 188.
Stärkekorn **65**. 66. **67**. 107.
Stäubling 279.
Stamina = Staubblätter.
Stangenbohne 353.
Staphisagrin 324.
Staphylea 328.
Statolithen, —zysten 148, **149**.
Staubbeutel 46, —blätter **43**. **46**. 50, —brand 267, —fäden 46.
Stauden 131.
Stearinsäure 192 ff.
Stecklinge 153 ff.
Steckrübe = Brassica napus.
Stechpalme, —eiche 325.
Steinbeerwasser 358, —brand 268, —brechgewächse 338, —zellen **71**. 93, —kern 57, — Klee = Meliotus, —frucht **57**, —häger 292, —obst 345, —pilz **276**. 278.
Stellaria (Sternmiere) 131 ff. 303. 305 ff.
stenotherm 253.
Stephanskörner 324.
Sterculiaceae 318.
Sterigmatocystis 264.
Sterilisation 251 ff.
Sternanis = Illicium, —haare 87. **90**, —miere = Stellaria.
Stickstoff 109. 114, —assimilation 113.
Sticta 284.
Stiefmütterchen = Viola tricolor.
Stieleiche 295.

Stigma 64.
Stigmata maydis 398.
Stimmung 152.
Stinkasant 199. 347, —brand 268, —melde 306, —wachholder 289.
Stipites dulcamarae 371, — laminariae 259.
Stockpilz 277.
Stoffaufnahme 107ff., —leitung 116ff. 120, —speicherung 108.
Stoffwechsel 109, —produkte 215. 217.
Stomata = Spaltöffnungen.
Stoppelpilz 279.
Storax 199.
Storchschnabel = Geranium.
Sträucher 131.
Strahlenpilz = Actinomyces.
Stratiotes 71. **72.**
Streckungswachstum 127.
Streptococcus 250.
Strobili lupuli 298.
Stroma (Chromatophoren) 63.
Strophantin 372.
Strophantus 55. 195. 360. 372.
Strychnin 201. 372.
Strychnos 201. 360. 372.
Styracaceae 358.
Styrax 199, 348. 358.
Suberin 191.
Succinum 290, s. auch Bernstein.
sukkulent 31.
Sudanfärbung 73. 193.
Süßgras 394.
Sülzbirne 344.
Süßwerden der Kartoffel 215.
Sultaninen 327.
Sumach 330.
Sumpfdotterblume = Caltha, —ziest 369.
superponierte Organstellung 47. **48.**
Summitates sabinae 292.
Symbiosen 115.
Symmetrie 8. 13. **50.**
Sympetalae 48. 294. 357ff.
Symphoricarpus 83. 374.
Symphytum (Beinwell) 36. 361. **362.** 369.
Sympodium **11.** 20. **21. 46.**
synkarp **46.**
Syringa (Flieder) 360.
systematische Botanik 243ff.

T.

Tabak = Nicotiana.
Tabernaemontana 373.
Täubling 281.
Tamarinde, Tamarindus 350. **354.** 356.
Tamariske, Tamarix 372.
Tanacetum 31. 378.
Tannin 197.
Tapioca 67. 333.
Taraxacum (Löwenzahn) 32. **34.** 50. 153. 168. 179ff. **376.**
Tartarus 185.
Taubnessel = Lamium.
Taumellolch 324. **395.**
Tausendgüldenkraut = Erythraea.
Tausendkorn = Herniaria.
Taxin, Taxus (Eibe) 44. 55. 132. 201. 290, 291ff.
Tee, chinesischer = Thea, Tee-Ersatz und Teeverfälschungen 320. 346. 357, s. auch Matte.
Theerose 342.
Teigwaren 397.
Teltower = Brassica rapa 319.
Temperatur, Wirkung auf Organismen 129. 214. 253.
Temulin 398.
Tentakeln 316.
Terata, Teratologie 241ff.
Terpene 197ff.
Terpentin 290, zyprisches T. 330.
Terpentinöl 198.
Ternstroemiaceae 318.
Testa 53.
Testobjekt 259.
Tetracyclicae 359ff.
Tetradynamia 313.
Tetragonia 304.
Teufelszwirn 365.
Thallophyta 7. 76.
Thallus 7ff.
Thea (Tee) 87. 186. 201. 318. 320.
Thebaïn 200.
Theobroma (Kakao) 179. 181. 188. 194. 201. 319ff. 322.
Theobromin 123.
Therapie 234.
Thermonastie 147.
Thigmotropismus 143.
Thimoteegras 394.
Thiotrix 124.
Thridace 382.
Thuja (Lebensbaum) 290. 292.
Thymelacaceae 342.
Thymian = Thymus, —öl 198.
Thymus (Thymian, Lavendel) 88. 361ff. 376ff.
Tilia (Linde) 20. 73. 167. 224. 238. 316. **318.** 323.
Tiliaceae 36. **318.**
Tilletia (Weinbrand) 268.
Toddy 397.
Tollkirsche = Atropa, —rübe 365.
Tolubalsam 199. 357.
Tomate = (Solanum) Lycopersicum 369.
Tonkabohne 355.
Topinambur 379 = Helianthus tuberosus.
Torfmoor = Sphagnum.
Torula 263.
Toxikodendrol 330.
Tracheïden 91. **94.** 98. 99. 116.
Tradescantia 60. 78. **219.**
Träubel 374.
Tragacantha, Tragant 357.
Tragopogon 376. **378.** 380.
Trametes 227.
Transplantation 154. 225.
Transpiration 117. **118.**
Transversaltropismen 140. 142.
Traube 52.
Traubenahle, —kirsche 342, —ziegenbart 279, —zucker = Glukose, —eiche 295.
Trauma 221.
Traumatizin 359.
Treber, Trester 327.
Trichobakterien 249.
Tricholoma 267. 271ff. 276.
Trichoma = Haare.
Tricoccae 330ff.
Trifolium (Klee) 31. 349. 355ff.
Trigonella (Bockshorn) 349. 356.
Trigonellin 200.
Trimethylamin 204.
Trinia 228.
Triticum (Weizen, Quecke) 25. 179. 180ff. 203. 229. 288ff. 353. **393.**
trocknende Öle 193.
Tropaeolum (Kapuzinerkresse) 31. **32.** 50. **86.**
Tropismen 137. 139ff.
Trüffeln 274.
Trugdolde **52.** 53.
Trunkelsbeere 358.
Trypsin 121. 206.
Tuber (Trüffel) 271ff. 274.
Tubera aconiti 323ff., — chinae 388, — jalapae 38. 372, — salep 38. **40.** 69. 96. 400.
Tuberkel 193.
Tubuliflorae 377.
Tüpfel **71.** 84. **86,** —kanäle 71, —gefäße 91. 93. **100.**
Tulipa (Tulpe) 27. **28. 47.** 48. 147. 156. 241. 384.
Tugeszenz 103.
Turgor 103ff. 136, —druck 103ff.
Turiones 292.
Tuschemethode 250.
Tussilago (Huflattich) 378. 382.
Tylenchus 226.
Typha 389ff.

Typhaceae 389.
Typhus 251.
Tyroglyphus 297.
Tyramin 204.
Tyrosin 204.

U.

Überernährung 211.
Überwallung 223. **224.**
Uzara 372.
Ulex 357.
Ulmaceae 295ff.
Ulmus (Ulme, Rüster) 16. 20. 132. 224. **237. 239.** 295ff.
ultraviolette Strahlen 215.
Umbelliferae (Doldenblütler) 31. 34. 53. 57. 68. 96. 186. 188. 197ff. 334ff. **336.**
Uncaria 383.
Uncinula 326.
Unkrautbekämpfung 216.
undulierte Zellen 83ff.
ungeschlechtliche Vermehrung 153ff.
Unterkohlrabi 319.
Unterernährung 209ff.
unterständig **49.**
Uragoga 39. 374. 383.
Uredineae (Rostpilze) 226. 267ff.
Urginea 27. 384. 388.
Urtica (Nessel) 87. **90.** 93. 114. 172. **174.** 182. 185. 296. 300.
Urticaceae 296.
Urtikation 298.
Ustilagineae (Brandpilze) 226. 267ff. 396.
Ustilago 228. 234. 267ff.
Utricularia 115.

V.

Vaccinium (Heidel-, Preißelbeere) 183. 185. 197. 357. **358**ff.
Vakuolen 59. 73, —wand 59.
Valeriana (Baldrian) 17. **51.** 374. 376. 381.
Valerianaceae 374. **376.**
Valerianella 374.
Vallisneria 60. 165.
Valonia 80. 222.
Vanilla 39. 330. 400.
Vanillin 186. 292.
Variabilität 170ff.
variable Lichtlage 143.
Variationsbewegungen **136.**
Variegation 218. **219. 220.**
Vaucheria 155. **156.** 167. 222.
Vegetationskegel 14. **15,** —körper 6, —punkt 9.
vegetative Organe 40, — Vermehrung 153ff. 170.
Veilchenwurzel 386.
Veitsbohne 353.
Veratrin 201. 387.
Veratrum (Germer) 25. 201. 384. **387.**
Verbänderung 242.
Verbascum (Königskerze) 36. 50. 196. 363 **364.**
Verkalkung 73.
Verkieselung 73. 87.
Verkorkung 73.
Verzuckerung 113.
Verzweigung **10. 11.**
Verdauungsdrüsen 89.
Vererbung 172ff.
Verflüssigung von Gewebe 224.
Vergeilen 213.
Vergißmeinnicht = Myosotis
Vergrünung 242.
Verholzung 73.
Vermehrung 152ff.
Verodigen 371.
Veronica (Ehrenpreis) 363ff. 371.
Verseifung 193.
Verspillern 213.
Vibrionen 249.
Viburnum (Schneeball) 374. 381.
Vicia (Wicke, Saubohne) 32. **35. 67. 141.** 179ff. 225. **349**ff. 353ff.
Victoria regia 30. 31.
vielkernige Zellen 81.
Vinca (Sinngrün) 360. 372. 373.
Vincetoxicum (Hundswürger) **360**ff. 372ff.
Vinum 327. 372.
Viola (Veilchen) 50. 211. 314. **317. 318.** 322.
Violaceae 314ff.
Virulenz 231. 235.
Viszin 348.
Viscum (Mistel) 20. 234. 344. 348.
Vitaceae 325.
Vitalfärbung 108.
Vitamine 204. 394.
Vitellin 203.
Vitis (Rebstock) 21. 57. 132. 185. 228. 239. 240. 325ff. 329.
Viviparie 132.
Vogelbeere 340. 345, —knöterich **301,** —miere = Stellaria.
Vollkornbrot 396.
Volutin 250.
Volvocaceae 138.
Vorspelze 391ff.
Vuzin 200.

W.

Wacholder = Juniperus communis.
Wachs 195.
Wachstum 127. **128.** 135.
Wachtelweizen = Melampyrum.
Wärmeproduktion 124.
Waldkiefer = Pinus silvestris, —meister = Asperula, —rebe = Clematis.
Walnuß = Juglans, —öl 193.
Warzenstäubling 279.
Waschblau 369.
Wasser 178, Wirkung auf Pflanzen 129. 253.
Wasseraufnahme 103, —farne 285, —hahnenfuß = Ranunculus aquatilis, —hebung 119. **120,** —leitung 116ff., —pest = Helodea, —schierling = Cicuta, —steigen 119. **120.**
Watte = Baumwolle.
Webersches Gesetz 137. 151.
wechselständig 16. **19**
Wegebreit = Plantago.
Wegwarte = Cichorium.
Weizen = Triticum sativum. türkischer W. = Zea.
Weizenregen 156. 309.
Weichsel 341.
Weide = Salix.
Weidenröschen = Epilobium.
Weihrauch 199.
Wein 262, wilder W. = Ampelopsis, —kraut 319, —hefe 261ff., —stein 185.
Weißbuche = Carpinus, —kohl, —kraut 319, —dorn 341, —tanne 289, —trüffel 274, —wurz 384.
Welschkorn 393.
Wicke = Vicia.
Wiener Tränkchen 356.
Wiesenbocksbart 376, —knopf = Sanguisorba, —schaumkraut 313. **316.**
Willoughbeya 373.
windblütig 165.
Winddorn 267, —röschen **307.**
Winde = Convolvulus.
Winterapfel, —birne 344, —kresse 319, —eiche 295, —greenöl 359, —spinat 303.
Wirsing **319,** s. auch Brassica oleracea.
Wirtel, wirtelständig 16. **17.**
Wirtswechsel 229ff.
Wistaria 349. 357.
Witloof 380.
Wohlverleih = Arnica.
Wolfsbohne 355, —milch = Euphorbia, —trappkraut 371.
Wollblume 371.
Wollhaar 87. **89.**

Wruke 319.
Würze 397.
Wüterich 338.
Wunden 221ff.
Wundkork 223. 234. 240, —gewebe 223, —holz 223.
Wurmfarn = Aspidium filix mas, —samen 383.
Wurzel 6. 14. 36. **40**, —brut 20, —knollen 38. **40**, —haare 87. **88**, —haube 36, —lose Pflanzen 40, —pol 9, —spitze 141. 148. **149**ff. 225, —stock 25ff.

X.

Xylan 190.
Xylem 92.
Xylose 187.

Y.

Yamswurzeln 386.
Yerba 328.
Ylang-Ylang 323.
Yoghurt 126. 254.
Yohimbin 201. 383.

Z

siehe C.

Verlag von F. C. W. Vogel in Leipzig

Soeben erschienen:

Lehrbuch der Chirurgie

von

Prof. Dr. Carl Garré
Geheimer Medizinalrat, Direktor der chirurgisch. Universitätsklinik in Bonn a. Rh.

Prof. Dr. A. Borchard
Geheimer Medizinalrat in Berlin-Lichterfelde.

Mit 535 teils farbigen Abbildungen im Text.

Preis brosch. M. 38.—, in elegantem Originaleinband M. 48.—

Lehrbuch der Arzneimittellehre und Arzneiverordnungslehre

unter besonderer Berücksichtigung der deutschen und österreichischen Pharmakopoe

von

Dr. H. von Tappeiner
ord. Professor der Pharmakologie und Vorstand des Pharmakologischen Instituts der Universität München.

14., neubearbeitete Auflage. 1920.

Preis broschiert M. 34.–, geb. M. 44.—

Auf Grund der Notstandsordnung des Börsenvereins der deutschen Buchhändler wird auf die angezeigten Preise noch ein Teuerungszuschlag erhoben. Nach dem Ausland darf nur in Auslandswährung resp. Valutaausgleich geliefert werden.

Verlag von F. C. W. Vogel in Leipzig

Soeben erschienen:

Pathologische Physiologie des Chirurgen

(experimentelle Chirurgie)

Ein Lehrbuch für Studierende und Ärzte

von

Prof. Dr. Franz Rost

Oberarzt der chirurg. Universitätsklinik Heidelberg.

Preis brosch. M. 38.—, geb. M. 54.—

Einführung in die Klinik der Zahn- und Mundkrankheiten

(Einführung in die spezielle Pathologie der zahnärztlich-chirurgischen Erkrankungen)

von

Prof. Dr. H. Moral

Oberarzt der Klinik und Poliklinik für Zahn- und Mundkrankheiten der Universität Rostock

mit einem Geleitwort von

Prof. Dr. H. Reinmöller

Direktor der Klinik und Poliklinik für Zahn- und Mundkrankheiten der Universität Rostock.

Mit 202 Abbildungen.

Preis nur gebunden M. 80.–

Auf Grund der Notstandsordnung des Börsenvereins der deutschen Buchhändler wird auf die angezeigten Preise noch ein Teuerungszuschlag erhoben. Nach dem Ausland darf nur in Auslandswährung resp. Valutaausgleich geliefert werden.

Verlag von F. C. W. Vogel in Leipzig

Soeben erschienen:

Die Diathermie und Lichtbehandlung des Auges

von

Dr. med. Leonhard Koeppe

Privatdozent für Augenheilkunde an der Universitäts-Augenklinik Halle a. S.

Mit 63 Textabbildungen.

Preis broschiert M. 20.—, gebunden M. 23.—

Die pathologisch-hiatologischen Untersuchungsmethoden

von

Prof. Dr. G. Schmorl

Geh. Medizinalrat und Direktor der pathologisch-anatom. Abtlg. am Stadtkrankenhause Dresden-Friedrichstadt.

9., neubearbeitete Auflage. 1920.

Preis broschiert M. 28.—, gebunden M. 35.—

Auf Grund der Notstandsordnung des Börsenvereins der deutschen Buchhändler wird auf die angezeigten Preise noch ein Teuerungszuschlag erhoben. Nach dem Ausland darf nur in Auslandswährung resp. Valutaausgleich geliefert werden.

Verlag von F. C. W. Vogel in Leipzig

Soeben erschienen:

Physiologie der oberen Luftwege

von

Dr. P. J. Mink

Utrecht.

Mit 28 Textabbildungen.

Preis brosch. M. 20.—, geb. M. 28.—

Lehrbuch der Physiologie des Menschen

Herausgegeben von

W. Zuntz und A. Loewy

in Berlin.

Mit 302 Abbildungen und 3 Tafeln.

3., verbesserte Auflage. 1920.

Preis brosch. M. 38.—, geb. M. 46.—

Spezielle chirurgische Diagnostik für Studierende und Ärzte

bearbeitet von

Dr. F. de Quervain

o. ö. Prof. der Chirurgie und Direktor der chirurgischen Universitätsklinik in Bern.

Mit 731 Abbildungen im Text und 7 Tafeln.

7., vervollständigte Auflage. 1920.

Preis brosch. M. 65.—, geb. M. 80.—

Auf Grund der Notstandsordnung des Börsenvereins der deutschen Buchhändler wird auf die angezeigten Preise noch ein Teuerungszuschlag erhoben. Nach dem Ausland darf nur in Auslandswährung resp. Valutaausgleich geliefert werden.

Bot
K

170889

Author Küster, Ernst

Title Lehrbuch der Botanik für Mediziner.

UNIVERSITY OF TORONTO
LIBRARY

Do not
remove
the card
from this
Pocket.

Acme Library Card Pocket
Under Pat. "Ref. Index File."
Made by LIBRARY BUREAU